JULES HENRIVAUX

LA VERRERIE AU XXE SIÈCLE

342 - A

CORNING MUSEUM OF GLASS

FROM THE COLLECTION OF
JOHN CLYDE MOSTERTER

T.P. 857 H51r 1903

LA
VERRERIE AU XXe SIÈCLE

COURBEVOIE

IMPRIMERIE E. BERNARD ET Cie

14, RUE DE LA STATION, 14

BUREAUX: 29, quai des Grands-Augustins, PARIS.

LA

VERRERIE

AU XXE SIÈCLE

PAR

JULES HENRIVAUX

INGÉNIEUR-CHIMISTE,

ANCIEN DIRECTEUR DE LA MANUFACTURE DE SAINT-GOBAIN

Recue 151

~~000292~~ deaccessionné

PARIS

E. BERNARD ET Cie, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

29, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 29

1903

LES PROGRÈS EN VERRERIE
DE 1800 A 1900

AVANT-PROPOS

S'il est une industrie qui ait bénéficié dans une large mesure des progrès accomplis par la chimie depuis un siècle, c'est certainement celle de la verrerie.

En créant la chimie des hautes températures, Henri Sainte-Claire Deville et ses élèves, Debray, Troost, Hautefeuille, puis Moissan, ont renversé la barrière entre la physique et la chimie.

De même que l'optique est devenue, en notre siècle, la science du rayonnement de l'énergie, l'étude de la chaleur est devenue, généralisée, la science de la transformation de l'énergie ou l'énergétique.

Malgré son développement graduel à travers les âges, l'industrie de la verrerie qui ne reposait que sur d'anciens procédés et ne vivait que de recettes mystérieusement transmises et fidèlement observées, semble depuis quelques années entrer dans une voie nouvelle et devoir suivre, comme perfectionnements de fabrication et comme applications, le mouvement que les besoins, plus pressants et constamment renouvelés de la civilisation, impriment à l'industrie moderne.

Il appartenait aux dernières expositions, et notamment à l'Exposition de 1900, de faire ressortir les améliorations apportées à cette industrie et les progrès réalisés et accumulés depuis la seconde moitié du siècle.

En effet, une Exposition ouvre des perspectives étendues dont l'intérêt est infini : machines nouvelles venant de naître ou seulement améliorées, et dont il est impossible de prévoir encore le dernier perfectionnement.

Puis, les matières brutes que la nature nous présente disséminées, entre les lointains climats, matières que nous connaissons à peine et dont nous sommes loin d'avoir tiré tout le parti possible, mais dont il y a lieu d'espérer que l'industrie humaine fera profiter la société dans de grandes proportions à cause des qualités originales qui leur sont propres. Je pourrais citer à l'appui de cette vérité, les applications multiples nées des progrès accomplis dans la façon d'extraire, de préparer, de fabriquer, depuis cinquante ans, et même moins « le caoutchouc », « le jute », « la gutta-percha », « l'ivoire végétal » ou « coroso », « le celluloïde », etc.

A la suite de chaque Exposition, on peut sans crainte, sans exagération, conclure que l'homme désirant l'amélioration du sort de ses semblables est fondé à tirer une conclusion consolante. L'ensemble d'une Exposition atteste que la puissance productive de l'homme, de l'individu, aussi bien que de la société, va en augmentant d'une manière continue, et que cette progression profite plus particulièrement au grand nombre.

Cette progression a acquis le caractère de l'accélération la plus prononcée depuis un siècle à peine, les Expositions l'ont démontré.

La puissance productive de l'homme se développe d'une manière continue dans l'enchaînement successif des âges de la civilisation ; cette croissance réside dans l'outillage, dans les machines que le génie humain a su créer et assurer à ses besoins.

Pour que l'industrie progresse, il faut à l'homme, en plus de l'intelligence, l'esprit de suite et la persévérance, il lui

faut prévoir, il faut que certaines forces morales soient associées en lui à la force de l'intelligence. C'est par là qu'il peut faire passer ses découvertes dans la réalité, en se procurant les moyens matériels d'effectuer cette sorte d'incarnation.

En appliquant ce que la science lui a permis de découvrir, l'homme a trouvé dans son empire sur lui-même et dans sa prévoyance, l'art de réserver le capital qui est indispensable pour la mise en pratique de toutes ses découvertes, le capital, qui est la substance matérielle de la plupart des améliorations sociales et le nerf de l'industrie. Ainsi la puissance productive de l'homme peut et doit être représentée comme la résultante de sa puissance intellectuelle et de sa puissance morale.

Pour que l'industrie avance dans un État, il faut que la formation et la conservation des capitaux y soient encouragées par les mœurs et par les lois ; il faut que les habitudes privées des citoyens et la politique de l'État ne se dévorent point par des dépenses improductives.

Afin de former ou de ménager le capital qu'il importe de conserver et surtout de grossir, les classes peu aisées devraient régler leur existence, les classes aisées et les riches fixer des limites à leur amour du luxe et à leur ostentation, et les gouvernements revenir à leur simplicité et se garder des entraînements de la ruineuse passion de la gloire militaire.

Dans les pays gouvernés par les principes d'égalité et de liberté, la marche ascendante vers une situation économique de plus en plus favorable au plus grand nombre, s'affirme et s'accélère en quelque sorte invinciblement de jour en jour. Ainsi le veut une loi supérieure que nous pourrions appeler la loi des réciprocités.

Dans de tels pays, en effet, la surproduction qui n'est autre chose que le développement intensif de la puissance productrice à un moment donné, ne peut être, comme on l'a craint et comme on l'a trop témérairement proclamé, une cause de ruine. Ou l'article produit dans une mesure qui semble de prime abord dépasser le besoin de la consommation est un article usuel, ou il est un objet de luxe. Dans les deux cas

il résulte de sa multiplication une diminution sensible de son prix. Si l'article est d'usage général, se rapporte au vêtement, à l'habitation, à l'alimentation, à l'ameublement, toutes les familles, même les moins aisées, pourront se procurer en plus grande quantité ces objets nécessaires, et il en résultera plus de bien-être. Si l'article est un objet de luxe, il deviendra nécessairement plus accessible qu'il ne l'était auparavant ; sans doute il se démocratisera et sera peut-être dédaigné par quelques-uns des privilégiés qui l'avaient jadis recherché et admiré ; mais en définitive il sera une cause de satisfaction pour un nombre sans cesse grandissant d'individus, et sa possession sans cesse multipliée prouvera tout ensemble un progrès de la civilisation et un accroissement de la richesse individuelle.

Mais le producteur de cet objet, nous dira-t-on, n'en retirera pas, en raison de l'avilissement des prix, les bénéfices qu'il avait le droit d'en espérer. Pour un temps peut-être et il peut se faire qu'il ait à souffrir d'une crise momentanée. Et encore pourrions-nous répondre que même dans ce cas le producteur n'a qu'à s'en prendre à son imprévoyance. Le producteur avisé sait en effet pressentir vers quel nouvel horizon s'oriente l'activité humaine et, comme on dit vulgairement, de quel côté le vent souffle. S'il redoute la concurrence, c'est à lui de diminuer le prix de revient ; en tout cas, s'il ne l'a pas fait de bon gré, il le fera bientôt de force ; dans ce but, aiguillonné par la nécessité, il fera des combinaisons, souvent même des découvertes heureuses qui tout en sauvegardant ses intérêts particuliers serviront l'intérêt général. Depuis plus d'un demi-siècle il ne se passe pas pour ainsi dire de jour sans que l'une ou l'autre des nombreuses indications entre lesquelles se partage l'activité matérielle de l'humanité, ne reçoive — et c'est là presque toujours un effet de cette surproduction tant redoutée — un perfectionnement dont l'effet est de permettre à une personne de faire ce qui auparavant nécessitait dix, vingt ouvriers et davantage, ou d'exécuter en quelques heures ce qui jusque-là réclamait des semaines. Ce sont autant

d'accroissements de la puissance productive ou, mieux encore autant de facilités nouvelles pour la création et la diffusion de la richesse, et, par suite, ce sont autant de causes de progrès général.

Car on ne saurait trop le répéter, il existe une étroite solidarité entre le progrès de la puissance productive, d'une part, et la marche ascendante de la politique démocratique, de l'autre, de cette politique, voulons-nous dire, qui de plus en plus met le grand nombre en état de profiter, au double point de vue moral et matériel, des conséquences des deux principes si bienfaisants de liberté et d'égalité.

Et en effet, le grand nombre reçoit la rémunération de son travail, de sa collaboration à l'œuvre incessante du monde, sous la forme d'un salaire en monnaie ; or, n'est-ce pas augmenter ce salaire qu'accroître la quantité d'articles de tous ordres qu'on peut se procurer avec une somme d'argent de moins en moins considérable ? La hausse numérique des salaires peut, dans bien des cas, n'être pas aussi avantageuse pour la classe laborieuse que l'abaissement du prix des objets susceptibles d'assurer l'existence ou d'en améliorer les conditions.

N'y a-t-il pas même dans cette ascension croissante du grand nombre à des facilités de vie jadis réservées aux classes privilégiées, une application des principes d'égalité sociale et le philosophe n'a-t-il pas à se demander, en présence de pareils phénomènes, si ce n'est point de ce côté qu'on devrait chercher la solution des problèmes aujourd'hui posés devant la Société ?

En outre, la surproduction impose en même temps que la diminution du prix de revient la recherche de nouveaux débouchés. N'est-ce pas encore ici une doctrine de liberté qui s'impose ? L'écoulement des produits n'est-il pas une conséquence des échanges ? Moins le producteur rencontre d'obstacles et de barrières, plus il demandera à son activité productive et plus, ainsi, il contribuera à la richesse publique. C'est l'éternelle histoire du pont à péage : tant que le tribut

est exigé, nul n'y passe, à moins d'y être contraint ; dès que la circulation est libre, le pont devient un chemin de prédilection, à la grande joie de l'ancien préposé qui, transformant le maussade bureau en pimpante guinguette, s'enrichit là où il vivait autrefois à grand'peine.

Donc, indépendamment des études profondes dont les Expositions universelles fournissent la matière au philosophe, au géographe, à l'économiste, à l'artiste, aux penseurs et aux savants de tous ordres, les grandes assises du travail humain excitent et augmentent la puissance productive des individus et des nations, et par un phénomène de haute répercussion, accélèrent l'élévation morale des uns et des autres. Le perfectionnement des arts mécaniques et de tout l'outillage industriel eût, sans nul doute, été beaucoup plus lent qu'il ne l'a été depuis un demi-siècle, sans les grands rendez-vous commerciaux que tous les producteurs se sont donnés sur divers points du globe depuis 1855. Or, toutes les inventions depuis lors réalisées, fruits de son intelligence et de son activité, donnent de plus en plus à l'homme conscience de sa valeur et aussi de la valeur des autres. Il comprend de plus en plus que le succès de son effort dans les diverses branches de la production dépend des conditions dans lesquelles il s'accomplit, et que ces conditions se résument le plus souvent dans une seule, la liberté.

La liberté du travail est de nécessité absolue pour les agrandissements de la puissance productive individuelle et générale, et il n'est pas téméraire d'affirmer que là où les institutions sociales sont inspirées par la liberté, et où les opinions, les coutumes, les mœurs sont à la hauteur d'un tel régime, la puissance productive de l'individu et de la société doit prendre le plus rapide essor.

De ce besoin de liberté nouvelle doit naître nécessairement le respect de la liberté d'autrui, et du haut en bas de l'échelle sociale, chez tous les peuples participant aux grandes manifestations pacifiques de leur activité que sont les Expositions universelles, germe et peu à peu éclot un sentiment de soli-

darité qui, avec l'aide du temps, du progrès, de la multiplicité des relations internationales, contribuera plus peut-être que tous les armements d'une part, que les doctrines soi-disant humanitaires de l'autre, d'abord à la concorde entre les citoyens d'un même État, et ensuite à la paix entre les nations.

Depuis 1883, diverses conférences ont été faites sur la Verrerie ou sur diverses parties de la Verrerie, entre autres par MM. Léon Appert, E. Sartiaux, Girieud, Seguy. Des publications spéciales, des ouvrages, ont été publiés par MM. Léon Appert, Jules Henrivaux, Gerspach, Olivier Merson, E. Garnier, H. Havard, E. Damour; des comptes rendus des diverses Expositions ont tenu le public au courant des progrès accomplis en Verrerie.

Des journaux spéciaux, qui paraissent en France et à l'étranger, indiquent les progrès incessants accomplis en Verrerie, et M. le docteur Schott, d'Iéna, a fait et a publié des études remarquables sur les verres d'optique. M. Mantois et son successeur, M. Parra, ont fait faire à l'industrie de l'optique des progrès considérables en fabriquant, entre autres produits, 116 sortes de verres spéciaux dont les densités varient entre 2,433 et 5,004, ce qui permet à l'industrie et à la science d'employer des verres de fabrication française qui sont supérieurs à ceux obtenus jusqu'ici à l'étranger.

L'Exposition de 1900 aura mis en évidence au point de vue de la verrerie :

1° *En glacerie*, la tendance à couler les glaces en dimensions de plus en plus grandes.

Les perfectionnements apportés dans la partie mécanique du travail des glaces;

2° *En verrerie*, les dimensions plus grandes des manchons ou cylindres qui, aplanis, donnent le verre à vitre ;

3° Dans la fabrication mécanique des bouteilles, la mise en lumière du remarquable procédé Boucher, adopté déjà dans un grand nombre de verreries ;

4° Les procédés Sievert de Dresde ;

5° La pierre de verre Garchey ;

6° La mise au point des procédés Appert par la Compagnie de Saint-Gobain, pour le moulage du verre par ascensum, et aussi le verre armé ;

7° L'emploi de plus en plus fréquent des verres spéciaux dits "Américains" et des verres anglo-français ou imprimés, qui, en conservant imprimés des dessins, ont multiplié les applications dans les constructions usuelles ;

8° La pâte de verre de Henry Cros ;

9° La pâte d'émail de Dammouse ;

10° Les verres-émaux de la glacerie de Jeumont ;

11° Les Rubis, Frémy-Feil, Verneuil ;

12° Les nombreux verres d'optique de densités et d'indices variés de M. Mantois-Parra ;

13° Enfin, l'application si heureuse, au point de vue artistique des verres colorés, incrustés, cylindrés, gravés en camées, etc., dont M. Gallé, le maître éminent de Nancy, a donné de si remarquables spécimens, faisant preuve de véritables qualités de chef d'école, et suscitant des émules qui, comme MM. Daum, Léveillé, etc., produisent également des œuvres de rare mérite.

En ce qui concerne les produits naturels utilisés comme matières premières et nécessaires pour la fabrication du verre, la France est certainement une des contrées les plus favorisées; elle possède, en effet, en abondance, des produits d'une très grande pureté : les sables de Fontainebleau, en particulier, qu'on trouve à Nemours, sont réputés pour leurs qualités exceptionnelles, et les calcaires purs et les marbres se rencontrent un peu partout.

En ce qui concerne les matières premières fabriquées, les produits chimiques principaux, comme la soude et la potasse, ont participé aux progrès des arts chimiques; il en est de même des oxydes métalliques de toute nature employés pour la fabrication des verres colorés; dans ces conditions, on comprend qu'on ait pu obtenir des verres remarquables par leur blancheur ou par la pureté de leurs nuances : à la présente Exposition, la

fabrication du cristal était particulièrement intéressante à ce point de vue, aussi bien en France qu'en Angleterre et en Suède, par la blancheur et l'éclat des pièces exposées. La verrerie de Bohême était elle-même très digne d'intérêt avec ses verres sans coloration que présentaient plusieurs importantes fabriques dont les produits sont exportés dans le monde entier.

Mais ce n'est pas seulement en vue de ces spécialités de verre généralement employées pour la fabrication d'objets, pourrait-on dire purement de luxe, que les qualités de la matière ont de l'importance, elles sont utilisées également et non sans raison pour la fabrication des objets destinés à la confection des appareils d'optique de tout genre : la Compagnie de Saint-Gobain, la plus importante dans cette branche d'industrie, a eu jusqu'ici la spécialité de la fabrication des verres pour les phares; elle s'y est acquis une réputation justifiée; ces verres, considérés au point de vue de la déperdition de la lumière, sont remarquables, en ce que leurs qualités de transparence et leurs propriétés de faible absorption des rayons lumineux correspondent à celles non moins dignes d'être signalées de diathermanisme ; d'autres fabriques françaises se sont appliquées, dans le même ordre idées et dans le même but, à la fabrication de pièces pour l'optique courante : la Compagnie des chemins de fer du Nord a fait, à cet effet, avec MM. Appert frères, des essais du plus grand intérêt, sous la direction de M. Eugène Sartiaux, en ce qui concerne le matériel fixe, et sous la direction de M. Javary, pour le matériel roulant.

La portée lumineuse des divers appareils où ont été employés des verres fabriqués dans ces conditions a été augmentée dans des proportions considérables. Ces verres, d'une grande transparence possèdent les propriétés des verres diathermanes ; il est à désirer que les autres Compagnies de chemins de fer adoptent des appareils de même nature et emploient des verres de fabrication analogue.

La composition chimique des verres, au point de vue de l'optique astronomique et scientifique, a été remarquablement étu-

diée par la verrerie scientifique d'Iéna, qui avait exposé dans la section allemande.

Cette verrerie est, comme on le sait, patronnée et subventionnée par l'État qui lui a consacré 200 000 marks, une première fois, pour son installation; cette subvention a été renouvelée quelques années plus tard; cet établissement a pu entreprendre la fabrication et étudier les propriétés de plus de deux cents verres de composition différente, et ayant tous les indices de réfraction et des poids spécifiques différents : il a été obtenu ainsi des verres inconnus jusqu'ici et doués de propriétés nouvelles qui ont pu servir à la constitution des appareils optiques et plus particulièrement pour la confection des microscopes à très fort grossissement et des appareils photographiques.

En France également, la maison Mantois-Parra a présenté une série de verres non moins remarquables, en moins grand nombre peut-être, mais produits dans des conditions de fabrication meilleures que celles de la verrerie d'Iéna ; ces verres présentent, en effet, une très grande pureté et sont exempts des fils, filandres et pierres si préjudiciables à leur emploi pour l'astronomie et l'optique en général; leur supériorité a été unanimement reconnue. Cette fabrication fait le plus grand honneur à la France.

Des verres de fabrication spéciale ont été également utilisés pour un emploi nouveau, celui de la téléphonie ; on recherche pour cet usage des résonnateurs puissants, et en même temps déformant le son aussi peu que possible ; on les fait généralement en verre qui répond assez bien à ces desiderata ; on a été amené à penser cependant que des résonnateurs en cristal, à grande densité, seraient encore préférables. Les tentatives faites dans ce sens, paraissent avoir été couronnées de succès, car on a obtenu des appareils d'une résonance plus puissante et plus parfaite et sans déformation sensible du son. Le verre employé pour cette fabrication doit être très mince, de 1/20e de millimètre d'épaisseur environ, il présente certaines difficultés de fabrication qu'on est arrivé à surmonter à la Verrerie de Clichy avec succès.

La verrerie pour laboratoires paraît s'être développée d'une façon remarquable en Allemagne, en Bohême, ainsi qu'en Russie ; dans chacun de ces pays, la composition de ces verres très spéciaux a été étudiée d'une façon particulière en vue d'obtenir la plus grande résistance aux agents chimiques et la plus grande stabilité sous l'action au chalumeau d'un feu prolongé.

M. le professeur Tchitchenko, de Saint-Pétersbourg, a comparé entre eux les verres des fabriques les plus renommées pour cette fabrication; la verrerie Rutin et Cie, en Russie, celle de M. Kavalier, en Bohême, la verrerie scientifique d'Iéna, en Allemagne, la Société Legras et Cie, en France, se sont fait remarquer par la supériorité de leur fabrication. La verrerie de Rutin a présenté, entre toutes, les coefficients de résistance les plus satisfaisants.

Les essais de résistance de ces verres avaient été faits par M. Tchitchenko en premier lieu à l'eau distillée à 100°, puis à l'acide sulfurique à 66° à 90 grammes par litre, à la soude caustique et, enfin, au carbonate de soude.

Se basant sur l'observation des phénomènes qui accompagnent l'opération de la trempe du verre mise en pratique par M. de la Bastie et étudiée en particulier par M. le professeur de Luynes, et sur les résultats pratiques qu'on peut obtenir par son emploi, la verrerie d'Iéna a cherché les moyens d'obtenir des résultats analogues par l'emploi de verres de composition étudiée en vue de cette application spéciale.

Les objets fabriqués par cet établissement avec des verres doués de coefficients de dilatation différents et employés concurremment par superposition présentent des propriétés analogues à celles des objets ayant subi la trempe ; ils présentent comme eux une résistance remarquable à la casse, sous l'action des variations brusques de température; ces verres, auxquels on a donné le nom de *verres soudés*, sont employés spécialement pour la fabrication des vases et récipients de laboratoires et analyses chimiques (vases à filtration chaude), pour la fabrication de la verrerie d'éclairage et celle des tubes pour chau-

dières à vapeur. Des spécimens de ces objets étaient exposés dans la section allemande, au Champ-de-Mars.

Depuis, la Verrerie de Choisy-le-Roi fabrique de semblables verres, dits « sili-chromé » qui ne laissent rien à désirer pour les verres d'éclairage à incandescence par le gaz, pour les tubes de niveau d'eau des chaudières à vapeur, etc.

PREMIÈRE PARTIE

LA FUSION DU VERRE

MATIÈRES PREMIÈRES - LES FOURS

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE. — Emploi des matières premières. — Divers systèmes de fours. — Le chauffage de l'avenir.

Matières premières. — Au début du XIXe siècle, on tirait la principale matière première du verre, la potasse, de l'incinération du bois ; les verreries étaient presque toutes placées au centre, ou tout au moins à proximité des forêts. Les bois étant abattus, incinérés, les cendres étaient lessivées et le résidu de l'évaporation de ces lessives, la potasse, était employée, mélangée à de la chaux, à du sable (silice), trouvé également sur place. Les bois se raréfiant, les usines se déplacèrent et nous avons assisté à certains de ces déplacements, en Bohême, là où l'industrie du verre est restée très longtemps à l'état primitif.

D'autres usines étaient situées (en Normandie notamment), au bord de la mer, et là c'étaient les plantes marines qui recueillies, séchées, incinérées, les cendres lessivées, donnaient alors la soude, employée également en association au sable, à la chaux, pour constituer par la fusion, le verre. Dans le premier cas, le verre était un silicate de potasse et de chaux; dans le second cas, le verre était un silicate de soude et de chaux.

Par suite de transformations politiques, les privilèges accordés à certains verriers ayant disparu, le verre à la potasse fut remplacé par le verre à la soude ; les plantes marines, d'Espagne principalement, fournissaient à la France la presque totalité de la soude employée en verrerie, ces soudes étaient impures, partant, le verre avait une coloration bleuâtre ou verdâtre et non cet aspect incolore obtenu aujourd'hui.

En 1806, pendant le blocus continental, les soudes étrangères entraient difficilement, ou n'entraient pas en France. Nicolas Leblanc découvrit son procédé de fabrication de la soude brute, et partant, des sels de soude, en décomposant le sel marin par l'acide sulfurique. Le résultat de cette réaction, c'est le *sulfate de soude*, produit fixe, et l'acide chlorhydrique, gaz que l'on condense au fur et à mesure de sa production.

En calcinant un mélange de sulfate de soude, de craie, de charbon, on obtient la soude brute ; puis, par la lévigation et une série d'autres opérations, on obtient le carbonate de soude cristallisé ; sa dissolution, évaporée à sec, donne les sels de soude, qui furent employés en verrerie pendant un long espace de temps.

Au carbonate de soude employé en verrerie pendant plus de cinquante ans, Pelouze substitua le sulfate de soude. Depuis quelques années, on emploie de nouveau — rarement seul, souvent mélangé au sulfate — le carbonate de soude obtenu par le procédé Solvay.

Vers 1850, au bois employé comme combustible, on substitua la houille.

Vers 1860, au chauffage direct par combustion de la houille sur grille, dans les fours même où se trouvaient les creusets remplis de matières vitrifiables, Siemens substitua le chauffage par le gaz. Ce gaz obtenu, en dehors de l'atelier de fusion et de travail du verre, par la combustion de la houille, a permis d'obtenir le verre plus économiquement dans des appareils plus vastes, renfermant un nombre supérieur de creusets, de capacité plus considérable.

A côté de l'économie de près de 50 0/0, par rapport aux anciens fours, le travail fut plus soigné, les ateliers moins encombrés, le résultat plus satisfaisant.

W. Siemens est l'inventeur des premiers fours dits « fours à gaz à chaleur régénérée ».

Depuis l'invention de Siemens, bien des inventeurs ont perfectionné, simplifié, d'autres imité, les fours à gaz du début. Nous passerons en revue, dans le chapitre suivant, les principaux de ces fours à gaz appliqués depuis 1889.

F. Siemens, de Dresde, a inventé, vers 1872, le four à cuve (ou à bassin), gigantesque creuset contenant de 40 à 200 tonnes et pouvant produire jusqu'à 80 tonnes par jour de verre fondu. Ce système de four qui a été également imité, modifié, perfectionné, a produit une véritable révolution dans la fabrication du verre soufflé et moulé, en permettant, imposant même, le travail continu.

Depuis 1889, il n'y a que peu de perfectionnements importants à signaler; on a cherché à améliorer les conditions de fusion en les rendant plus économiques, mais en dehors du développement de plus en plus accentué de l'emploi des fours à bassin de grandes et même, chose remarquable, de petites dimensions, beaucoup plus économiques, les efforts qui ont été tentés ont porté principalement sur les gazogènes qui exigent un travail pénible et pour lesquels on trouve difficilement le personnel suffisant et apte à les conduire.

Les appareils de régénération ou récupérateurs ont été perfectionnés : on a cherché à les simplifier en rendant leur action continue, de façon à éviter les renversements périodiques, comme il est nécessaire de le faire avec les régénérateurs type Siemens. Dans ce but, on a perfectionné la fabrication des pièces de construction de ces appareils aussi bien que la construction elle-même, de façon à en assurer un fonctionnement certain et efficace.

Il est encore difficile de décider d'une façon absolue pour l'industrie de la verrerie quel est le système qui doit être préféré pour ce genre d'appareils; mais pour les fours à bassin, généralement adoptés pour la fabrication des glaces, des verres à vitres et des bouteilles, les appareils à renversement sont jusqu'ici les plus employés. Pour le cristal, la gobeletterie de verre et les émaux, les fours à régénération continue paraissent présenter plus de simplicité et, en somme, plus d'avantages.

A l'Exposition de 1900, dans la Section Française, il y avait un four de verrerie en activité où la régénération se faisait par contact et par reconduction. Les appareils de renversement en étaient d'une manœuvre très simple et les résultats en paraissaient assez satisfaisants.

Des tentatives ont été faites, des essais sont entrepris, pour chauffer les fours de fusion du verre, par l'électricité. Nous avons assisté en Allemagne à des essais de ce genre, et certes le XXe siècle verra s'accomplir cette révolution industrielle de la captation des chutes d'eau, des forces naturelles, pour les employer à la production de l'électricité.

Tous les pays privilégiés sous le rapport des chutes d'eau deviendront dans un avenir prochain les centres industriels, principalement pour les industries exigeant des températures élevées, continues, et les capitalistes avisés, les industriels prévoyants, feront bien d'acquérir des terrains dans ces parties où se concentrera bientôt la production industrielle intensive.

On ne discute plus, à l'heure qu'il est, la gravité grandissante de la

situation de notre commerce et de notre industrie dans le monde. Serrés de près par l'Angleterre et l'Allemagne, nous voici désormais concurrencés par l'Amérique. Un grand métallurgiste du Rhône nous racontait qu'on lui offrait à lui-même des produits américains manufacturés à un prix inférieur à celui de son propre prix de revient? Mieux encore! Les Anglais et les Américains viennent chercher notre minerai de fer d'Algérie, le transportent à Philadelphie et nous le renvoient manufacturé moins cher que le nôtre !

Dans presque toutes les branches de l'industrie, la menace est, dit-on, pareille. Et la lutte, si énergique que nous la livrions, n'arrête pas les difficultés... Les économistes nous prédisent, sous peu d'années, le sort de l'Espagne, sœur latine, sœur déchue. La race française, résistante, orgueilleuse, sent obscurément cette déchéance; elle se remue douloureusement dans le malaise de sa prédominance détruite ; trop de sang alerte et neuf court encore dans ses veines pour qu'elle subisse, sans crier, l'abandon définitif de sa suprématie ; de plus, âpre au gain, économe, habituée à la possession séculaire de l'argent, elle souffre vivement du drainage par ailleurs de ses capitaux.

Quelles sont les causes de notre infériorité industrielle? On dit: Ce sont les exigences des ouvriers dont les salaires sont trop élevés. Mensonge économique! car les ouvriers anglais et américains sont plus payés que chez nous. Les causes vraies, les causes principales sont la pénurie de charbon qui nous rend tributaires de l'étranger, l'éloignement des centres houillers, l'élévation des tarifs de transport qui finissent par doubler et même tripler le prix de la force motrice et le prix de toutes les matières premières. L'Angleterre, l'Amérique, l'Allemagne trouvent à pied d'œuvre, pour ainsi dire, le principe de la force initiale qui fut, jusqu'à présent, le charbon. Elles ont des tarifs de transports réduits, des fleuves navigables et leurs canaux se multiplient.

N'y a-t-il pas de raison pour que cette infériorité cesse jamais?

Les Anglais se montrent effrayés de la diminution de leurs provisions de houille : ils voudraient par des droits de sortie, ou même par une prohibition absolue, empêcher de l'exporter. Les Allemands aussi poussent un cri d'alarme : « la houille, disent-ils, va être sous peu victorieusement concurrencée par l'eau : or, nous n'avons pas d'eau... »

Et voilà justement la raison de notre espoir!

C'est l'électricité qui opérera les grandes transformations économiques et sociales qui sont à l'état latent.

Depuis quelques années le transport de l'énergie électrique a fait de grands progrès. La France sera sauvée par l'électricité. La fortune de l'Angleterre et de l'Allemagne furent édifiées par la houille, la France les battra avec l'eau « la houille blanche » (1).

Il y a dans les Pyrénées des trésors d'énergie qu'on peut capter et utiliser.

Ce sont des lacs, des réservoirs d'eau juchés à des hauteurs de 1,000 et 2,000 mètres, et situés de telle façon qu'avec quelques centaines de mètres de conduites il est on ne peut plus aisé de leur faire produire une énergie considérable.

Le charbon s'épuise... L'eau ne s'épuise jamais. Elle coule des montagnes de neige et des glaciers. Les mineurs se mettent en grève, interrompent du jour au lendemain la production nationale ou la ruinent en l'obligeant de s'approvisionner à l'étranger. Il n'y aura jamais de grève des glaciers!

Mais ces lacs, si nombreux et si grands qu'ils soient, ne seraient pas suffisants à opérer la révolution industrielle si ardemment attendue... Il faut amener au pied des Pyrénées, dans les plaines qui s'étendent de la Garonne à la frontière espagnole, les millions de chevaux nécessaires à la foule des industries qui viendront se créer là. Pour cela, il faudra multiplier ces lacs, à côté de ces lacs naturels des réservoirs artificiels sur tous les points de la montagne. Rien là de très coûteux. L'eau qui déborde des lacs naturels, l'eau des glaciers et l'eau des pluies, qui coulent perpétuellement sur le flanc des monts, vont rejoindre les cours d'eau, inondent, l'hiver, des contrées entières par leurs crues imprévues, ces eaux seront arrêtées à des endroits déterminés par un simple barrage, un mur de quelques mètres — qui coûte quelques mille francs de maçonnerie, — et sans plus d'efforts, constitueront des accumulateurs de forces colossales qu'on utilisera mille mètres au-dessous par une canalisation peu importante.

Quelle force cela peut-il représenter?

A l'heure actuelle la totalité d'énergie utilisée en France au moyen de machines à vapeur dans les diverses industries est égale à 700,000 chevaux, non compris, naturellement, les chemins de fer, les tramways et les bateaux.

L'Angleterre en utilise 2 millions;

(1) Voyez à ce sujet l'intéressant résumé d'une conversation avec un ingénieur, M. X..., publié par M. Jules Huret, et dont nous reproduisons ici quelques passages.

Les Etats-Unis, 2 millions;

L'Allemagne, 1 million 500,000.

Or, l'énergie emmagasinée dans les hautes régions des Pyrénées et des Alpes représente le double de celle utilisée par l'Europe entière, et peut être produite dans des conditions telles que son prix de revient serait si bas qu'il deviendrait impossible à la houille noire de lutter contre elle.

Pour installer la force motrice dans une usine, il faut d'abord immobiliser un capital en chaudières, en machines à vapeur, en bâtiments et en approvisionnements de charbon. Cette première dépense représente environ 400 francs par cheval. Il faut ensuite compter l'amortissement du capital à 5 0/0, plus son intérêt à 5 0/0 également. Cela représente donc 10 0/0 sur 400 francs, soit 40 francs. Un cheval-heure dépense 1 kilo de charbon, soit 24 kilos de charbon par jour, soit 9 tonnes par an à 25 francs soit 225 francs. Les 40 francs d'amortissement et d'intérêt et les 40 francs de main-d'œuvre portent donc le cheval à 300 francs l'an. Or, un cheval électrique pris à la chute d'eau coûte *commercialement*, 50 francs, en laissant un beau bénéfice au vendeur (1).

Déjà, il y a une dizaine de mille chevaux utilisés dans les Pyrénées. Dans l'Ariège, à Seintein, vous trouverez quatre petites compagnies qui exploitent le zinc; près de Saint-Girons, on a ouvert des mines de carbonate de manganèse ; à Aulus, on tire parti de la pyrite de fer... En d'autres endroits encore...

Les mines sont situées sur les hauteurs des monts. Or, les machines à vapeur ne pouvaient pas monter les rampes trop raides. Il fallait, pour y accéder, faire de longs détours, des lacets de plusieurs kilomètres quelquefois, édifier des travaux d'art fort coûteux, des viaducs sur les vallées, des ponts sur les torrents, des tunnels, et finalement les produits retirés ne donnaient pas de bénéfices suffisants pour payer le capital.

— Et à présent?

— A présent, grâce aux progrès de l'électricité et de la mécanique, on peut faire monter des trains jusqu'à 800 mètres d'altitude en se servant des routes ordinaires de la montagne. La force est donnée pour ainsi dire gratuitement par les chutes d'eau. On peut désormais exploiter avec la plus grande économie. On amènera au point terminus de pénétration l'énergie nécessaire pour l'extraction et la préparation des minerais.

(1) Lire à ce sujet les travaux de MM. Blondel, A Bergès, Labour, P. Lévy, Salvator, Raoul Pictet, A. d'Arsonval, le commandant Pech.

On dressera des cables télédynamiques pour descendre économiquement le minerai extrait, le marbre, la pierre à bâtir, et les bois des immenses forêts pyrénéennes. Des centaines d'usines peuvent donc s'y installer dès demain, sûres d'y trouver les matières premières nécessaires.

De savants spécialistes ont écrit de gros livres. — Malheureusement restés sans écho... Les Allemands, eux, plus avisés, commencent à ouvrir l'œil. Il semble que leur industrie chimique, qui s'est développée avec une rapidité inouïe, pourrait trouver là-bas une concurrence inattendue et mortelle. Jusqu'à présent, c'est à eux que nous achetons nos produits chimiques nécessaires à certaines industries, dont l'industrie des produits pharmaceutiques, qui se chiffrent par des centaines de millions.

Nous avons vu dernièrement dans certaines parties de l'Italie et aussi en Espagne — aux environs de Bilbao et de Saint-Sébastien — l'utilisation de chutes d'eau comme moyen de production de force.

En Amérique, dans le pays de Pittsburg, un fait analogue s'est produit; là, où le gaz naturel sortant des entrailles de la terre est capté et alimente les hauts fourneaux, les fours de verreries, là, l'industrie s'est concentrée précisément à cause de l'utilisation d'une force naturelle dont nous n'avons pas d'exemple en Europe.

Cette force tend toutefois à décroître, le gaz naturel semble se raréfier.

CHAPITRE II

GAZOGÈNES

L'emploi direct des combustibles solides pour le chauffage des fours a presque complètement disparu ; on gazéifie au préalable le combustible dans des appareils spéciaux.

Actuellement on appelle, en industrie, gazogènes, des appareils dans lesquels par une combustion incomplète, obtenue en réglant convenablement l'air admis au gazogène, il se produit des gaz combustibles, oxyde de carbone et hydrogène ; ces gaz contiennent aussi des carbures d'hydrogène, produits par la distillation des combustibles. Il existe également des fours à cornues pour la production de gaz à l'eau et pour la distillation des combustibles ; certains de ces appareils ayant pris le nom de gazogènes, nous en ferons une classe à part.

Nous diviserons donc ainsi les gazogènes :

1° Gazogènes à gaz d'air ;
2° Gazogènes à gaz mixte ;
3° Gazogènes à gaz régénéré des fumées ;
4° Gazogènes à gaz à l'eau ;
5° Gazogènes à cornues.

Il résulte de très intéressants travaux de M. Boudouard, préparateur au collège de France, que dans les gazogènes on doit, pour obtenir un bon rendement, c'est-à-dire pour produire des gaz renfermant aussi peu que possible d'acide carbonique réaliser les conditions suivantes :

1° Température aussi élevée que possible ;
2° Grande porosité du combustible ;

3° Extrême division du combustible ;

4° Courant gazeux avec vitesse minima.

La haute température est nécessaire pour la production d'une forte teneur en oxyde de carbone ainsi que le montre le tableau suivant extrait de la communication faite par M. Boudouard au IVe Congrès International de Chimie (Paris 1900) (1).

Température	Action de l'acide carbonique sur le carbone		Action de l'air sur le carbone	
	Acide carbon. CO^2	Oxyde de carb. CO	Acide carbon. CO^2	Oxyde de carb. CO
450°	0,98	0,02	> 0,194	< 0,014
500	0,95	0,05	0,186	0,024
550	0,89	0,11	0,169	0,052
600	0,77	0,23	0,140	0,099
650	0,61	0,39	0,102	0,163
700	0,42	0,58	0,065	0,228
750	0,24	0,76	0,033	0,279
800	0,10	0,90	0,025	0,308
850	0,06	0,94	0,0074	0,321
900	0,035	0,965	0,0032	0,328
950	0,015	0,985	0,002	0,33
1000	0,007	0,993	0,0009	0,3318
1050	0,004	0,996	0,0004	0,3326

La grande porosité du combustible joue aussi un rôle très important comme on peut le voir par les chiffres suivants dus à M. L. Bell. En faisant passer dans des conditions identiques de l'acide carbonique sur divers combustibles on obtient les résultats suivants :

	CO^2 %	CO %
Coke dur	94,56	5,41
Coke poreux . . .	69,81	30,19
Charbon de bois. .	35,20	64,80

La réduction de l'acide carbonique en oxyde de carbone est donc facilitée par la porosité du combustible, sa division joue aussi un rôle important sauf cependant pour le charbon de bois avec lequel la grosseur des morceaux ne donne pas de différence appréciable, ainsi qu'il résulte d'expériences faites à 800° par M. Boudouard sur des morceaux de combustibles de la grosseur d'une noisette et sur d'autres ayant 2 à 5 mm de côté.

(1) Compte rendu du IVe Congrès International de Chimie tenu à Paris en 1900.

TEMPS	COKE		CHARBON DES CORNUES	
	Gros morceaux	Petits morceaux	Gros morceaux	Petits morceaux
1 h. 30	57, 4 0/0 CO	84,4 0/0 CO	»	»
9 heures	»	»	70,3 0/0 CO	87,3 0/0 CO

Voici enfin quelques chiffres donnés par le même auteur qui indiquent bien l'influence de la vitesse de circulation des gaz sur leur richesse en CO.

Expériences faites à 800°

	VITESSES EN LITRES PAR MINUTE				
	0 l, 100	0 l, 273	1 l, 390	1 l, 465	3 l, 200
CO^2 0/0	18,2	18,43	18,92	19,9	19,4
CO 0/0	5,2	3,8	1,88	1,83	0,93
O 0/0	0	0,47	0,94	»	0,93

I — Gazogènes à gaz d'air.

Ces appareils sont les plus anciens, ils ont comme type le premier gazogène Siemens. La gazéification est obtenue par l'air seul sans introduction de vapeur d'eau (fig. 1).

La réaction est la suivante :

$$2\,C + \underbrace{O^2 + 4\,Az^2}_{\text{Air}} = \underbrace{2\,CO + 4\,Az^2}_{\text{Gaz de gazogène}}$$

La puissance calorifique du gaz obtenu dans le gazogène de ce genre est d'environ 950 calories par mètre cube.

En raison du faible rendement de ces gazogènes (70 0/0 environ), de l'usure rapide des grilles et de la faible puissance calorifique des gaz obtenus, on a modifié ces appareils ; cette transformation a conduit aux gazogènes du second groupe.

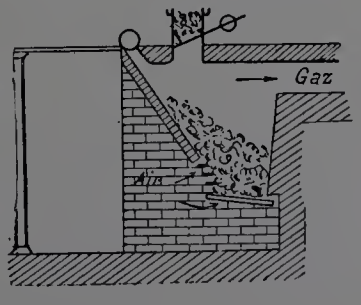


Fig. 1.

II. — Gazogènes à gaz mixte.

Les premiers gazogènes de ce système ont été les gazogènes à gaz d'air auxquels on a ajouté un cendrier toujours rempli d'eau, la vapeur

d'eau produite se mélange à l'air admis au gazogène pour donner la réaction suivante :

$$3\,C + \underbrace{O^2 + 4\,Az^2}_{\text{Air}} + \underbrace{H^2O}_{\text{Vapeur d'eau}} = 3\,CO + H^2 + 4\,Az^2$$

Le gaz obtenu est ainsi un mélange de gaz d'air et de gaz à l'eau, d'où le nom de gaz mixte.

La puissance calorifique du gaz de ces gazogènes est en moyenne de 1250 calories par mètre cube.

Presque tous les gazogènes de ce groupe fonctionnent par soufflage, certains d'entre eux sont du type dit à combustion renversée, c'est-à-dire que la combustion se fait à la partie supérieure du gazogène et non pas à la grille, ces gazogènes conviennent tout spécialement pour les combustibles riches en eau : bois, lignites, etc.

a. — *Gazogènes à tirage naturel.*

Ces gazogènes, encore très employés en verrerie, fonctionnent sans aucune insufflation, l'air et la vapeur sont simplement entraînés par le tirage du four, ils ont l'inconvénient de ne pouvoir utiliser les combustibles très menus, d'exiger d'énormes conduites à gaz et d'être influencés par le vent.

En premier lieu, il faut citer le gazogène Siemens avec cendrier garni d'eau, qui est en somme un ancien gazogène à gaz d'air auquel on a ajouté le cendrier rempli d'eau.

Dans le même sous-groupe sont les gazogènes dits à barrages. La fig. 2 représente un de ces gazogènes. Le combustible chargé dans la trémie T tombe dans le gazogène ; ses produits de distillation, au lieu d'être entraînés par les gaz sortant du gazogène, comme cela a lieu avec les gazogènes Siemens, sont obligés par le barrage B de descendre (fig. 2) dans le gazogène et de traverser des parties très chaudes ; ils se mélangent ensuite aux gaz qui s'échappent par le conduit c. La combustion s'opère à la grille G, l'eau contenue dans le cendrier A fournit la vapeur nécessaire.

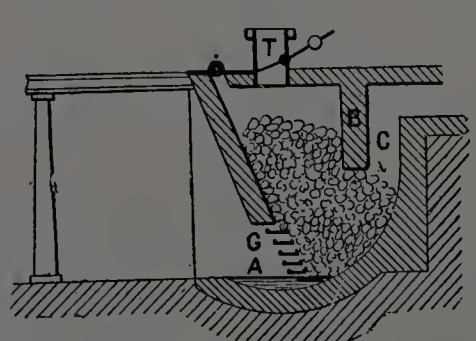


Fig. 2. — Gazogène à barrage.

b. — *Gazogènes soufflés.*

Les cendriers des gazogènes que nous venons de décrire peuvent

être munis de fermetures et fonctionner par soufflage. On a cependant créé des types spéciaux qui satisfont mieux aux nécessités du travail ; le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas une étude complète, nous ne décrirons donc que les principaux modèles de gazogènes. Le plus ancien et un des plus répandus est le gazogène Dowson. Le gazogène A, de forme cylindrique, est complètement entouré par une garniture en tôle dans laquelle sont pratiquées les ouvertures nécessaires au passage de la trémie et des tuyauteries d'air et de gaz. L'air, entraîné par un jet de vapeur, arrive en B sous la grille G, la proportion de vapeur est réglée pour admettre au gazogène exactement la quantité d'eau qui lui est nécessaire. Le gaz sort par la tuyauterie D, une porte C, sert au dégrillage du gazogène.

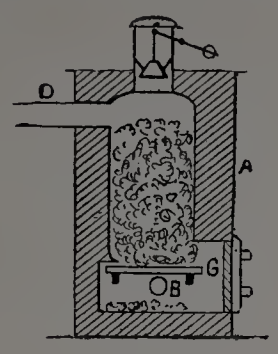


Fig. 3. — Gazogène Dowson

GAZOGÈNE TAYLOR (FICHET ET HEURTEY)

Le gazogène Taylor est un appareil très bien compris et très pratique. Pour obtenir le maximum de rendement du gazogène (fig. 4), on utilise la chaleur perdue des gaz sortant du gazogène à chauffer l'air et la vapeur d'eau qui doivent y être admis.

Le gazogène se compose d'un cylindre en tôle garni intérieurement d'une chemise réfractaire légèrement conique A, ce qui facilite la descente du combustible. Au bas de l'appareil, une trémie tronconique B, percée de nombreuses ouvertures, reçoit les cendres et les mâchefers et les déverse sur la sole mobile C, qui reçoit le mouvement à l'aide de la manivelle D, cette sole est montée sur la boîte à air E, des billes assurent un bon roulement. Pour le dégrillage, une tige de fer F est introduite dans le cône d'éboulement des scories et la sole tournante est mise en mouvement, les cendres et mâchefers tombent dans le cendrier d'où on les enlève par la porte G.

L'air chaud et chargé de vapeur arrive au gazogène par le tube H noyé dans la garniture réfractaire, il passe dans la boîte E et pénètre au gazogène

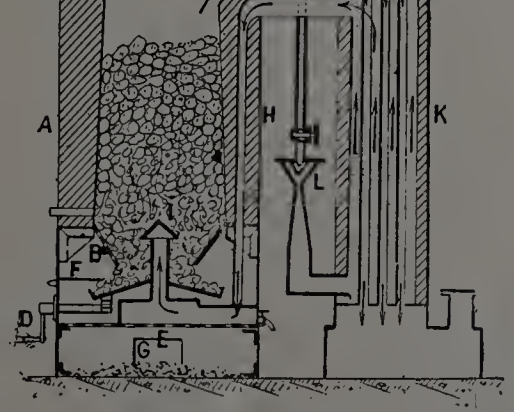


Fig. 4. — Gazogènes Taylor (Fichet et Heurtey)

par la tuyère I recouverte d'un cône empêchant l'obstruction de la tuyère par le combustible.

Les gaz chauds sortent du gazogène par un conduit entouré de maçonnerie pour éviter leur refroidissement par rayonnement, ils arrivent ensuite au surchauffeur de vapeur J, puis ils traversent un faisceau tubulaire K. L'air insufflé au gazogène par l'injecteur à vapeur L vient au contact des tubes traversés par les gaz chauds, il récupère une partie des calories qu'ils entraînent. Le mouvement de l'air et des gaz se fait en sens inverse.

GAZOGÈNE WILSON

La cuve de ce gazogène est franchement tronconique, l'air débouche directement au milieu du gazogène sous faible pression (20 à 25 mm d'eau). Des hélices en fonte, manœuvrées de l'extérieur, servent au décrassage ; la partie inférieure de ces hélices plonge dans l'eau du cendrier, ce qui empêche tout échauffement anormal.

Ce gazogène offre aussi cette particularité, c'est que l'inventeur l'a utilisé à régénérer l'acide carbonique des gaz brûlés, nous n'avons pas à rechercher si la priorité de cette idée revient à Wilson ou à Biederman et Harvey, mais il était juste de signaler le gazogène Wilson.

GAZOGÈNE FAUGÉ

Le gazogène Faugé diffère complètement des autres modèles de gazogènes dont nous avons cité quelques types ; dans cet appareil, le foyer se trouve en effet à la partie supérieure du gazogène. C'est donc un gazogène à combustion renversée.

Les gazogènes Faugé permettent d'employer des combustibles très riches en eau, tels que bois, lignites, etc., contenant beaucoup de produits volatils, houilles grasses, bitumineuses et collantes.

L'air étant admis en haut du gazogène, c'est-à-dire du côté où s'effectuent les chargements du combustible ; les produits gazeux ou simplement volatils contenus dans le combustible sont brûlés en presque totalité, ceux qui ont échappé à la combustion sont détruits par pyrogénation en traversant la couche de combustible en ignition.

La fig. (5) représente un gazogène Faugé. Le combustible chargé en *a* tombe dans le corps du gazogène *b*, des regards *c* permettent de briser les agglomérations de combustible qui pourraient se former. L'air chaud et saturé de vapeur d'eau, arrive en *d*, la combustion

s'opère dans le haut de l'appareil, les cendres et les scories relativement froides sont seules en contact avec la grille rotative *e* dont la parfaite conservation est ainsi assurée, les résidus tombent dans le cendrier *f* de section demi-cylindrique et les gaz s'échappent en *g* pour se rendre au récupérateur *h* où ils cèdent une partie de leur chaleur à l'air et à l'eau nécessaires au gazogène, et se débarrassent des poussières entraînées.

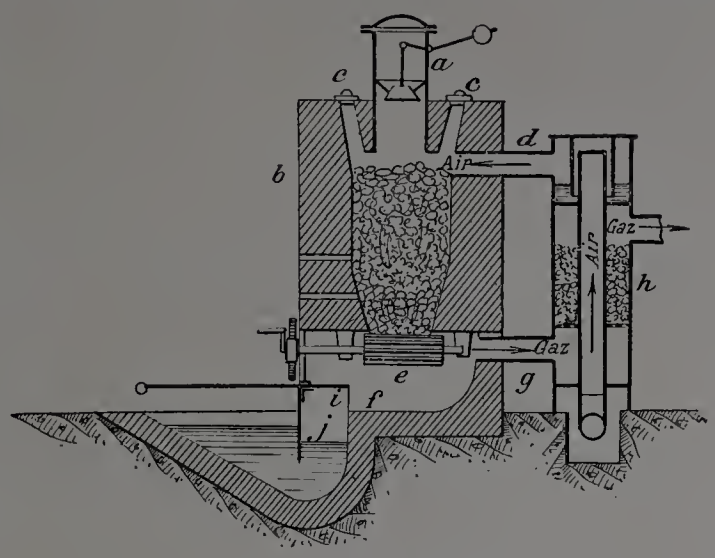


Fig. 5. — Gazogène Faugé.

L'enlèvement des scories se fait sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le cendrier, à l'aide de la raclette *i* affectant la forme d'un demi-disque de diamètre presque égal à celui de la partie demi-cylindrique du cendrier. Par la manœuvre de cette raclette, les cendres et les scories viennent tomber dans la fosse *j*, formant fermeture hydraulique, d'où elles sont facilement enlevées à la pelle. La main-d'œuvre du gazogène est aussi réduite que possible; des gazogènes que nous connaissons, c'est celui dont le travail est le plus facile.

III. — **Gazogènes à gaz régénéré des fumées.**

Dans ces gazogènes une partie des gaz brûlés, mélangés avec de l'air en excès sont employés au soufflage dans le but de récupérer le carbone de l'acide carbonique des fumées, c'est une amélioration très discutée et qui ne semble pas avoir été sanctionnée par la pratique, aussi croyons-nous inutile d'insister sur ces gazogènes.

Pour le gazogène Wilson, on revendiquait cette utilisation de l'acide carbonique, qui a surtout été proposée par MM. Biederman et Harvey.

IV. — **Gazogènes à gaz à l'eau.**

Les gazogènes de ce système sont des appareils intermittents. Pendant une période dite de réchauffage, le combustible est traversé par un courant d'air qui produit une élévation de température, puis pendant la période de gazéification, il n'y a plus d'air admis au gazogène,

mais on y introduit la vapeur d'eau qui, au contact du charbon incandescent, se décompose et donne lieu à la réaction suivante :

$$C + H^2O = CO + 2H$$

La puissance calorifique du mètre cube de gaz à l'eau est en moyenne de 2.800 calories.

Dans les premiers gazogènes à gaz à l'eau, la période de réchauffage avait une durée double de celle de la période de gazéification, on produisait pendant la période de réchauffage du gaz d'air, qui était employé à un chauffage quelconque.

Actuellement, on a évité de recueillir le gaz produit pendant la période de réchauffage, ce gaz est brûlé soit directement dans la cuve du gazogène grâce à un excès d'air (procédé Delwick-Fleischer), soit dans un récupérateur séparé qui surchauffe ensuite la vapeur d'eau envoyée au gazogène (procédés Strong, Lowe, Strache, etc.).

Avec le gazogène Dellwick Fleischer, la durée de la période de gazéification est de 50 minutes pour 10 minutes nécessaires à la période de réchauffage, nous croyons qu'il en est à peu près de même pour le gazogène Strache.

Le gaz à l'eau convient à tous les usages, chauffage, éclairage, force motrice, mais sa préparation exige une grande surveillance et tous les gazogènes pour gaz à l'eau sont compliqués ; pour le chauffage industriel on lui préfère en général le gaz mixte, dont la préparation est très simple et plus économique.

V. — Gazogènes à cornues.

Ces appareils, qui sont cependant des générateurs de gaz, ne sont pas en général désignés sous le nom de gazogènes ;

Dans les usines à gaz on leur donne le nom de fours à cornues. Les gaz produits par ces appareils coûtent trop cher pour être employés au chauffage des fours.

Selon la nature du gaz produit, on peut les classer :

a. En gazogènes ou fours de distillation ;
b. En — à gaz à l'eau ;
c. En — à gaz Riché au bois (gaz de distillation et gaz à l'eau).

a. — *Gazogènes ou fours à distillation.*

Pour la distillation de la houille, on fait usage de cornues en terre en forme de moufle groupées en nombre variable dans un four. Le gaz obtenu a une puissance calorifique moyenne de 5.200 calories au mètre cube, on obtient comme sous-produits du coke des goudrons, de l'ammoniaque, etc.

Le bois qui distille à une température moins élevée est distillé dans des cylindres en fonte, on obtient un gaz à 3.300 calories par mètre cube, et il reste dans la cornue du charbon de bois, on recueille comme produits secondaires de la distillation, de l'ammoniaque, de l'acide pyroligneux, de l'esprit de bois, du goudron et diverses essences.

b. — *Gazogènes à gaz à l'eau.*

Un petit appareil qui mérite d'être signalé est le gazogène Guénot qui pour de petites installations peut être utile, il est représenté schématiquement par la fig. 6.

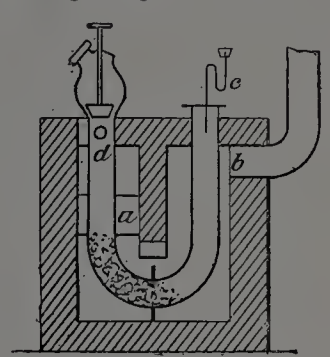


Fig. 6. — Gazogène Guénot.

Une cornue en fonte formée de deux tubes assemblés en forme d'U est portée au rouge à l'aide d'un foyer non figuré sur le dessin, les flammes arrivent en *a* et s'échappent en *b*. La cornue contient du charbon de bois; par le siphon *c* de l'eau tombe goutte à goutte, elle se vaporise et au contact du charbon de bois produit du gaz à l'eau qui se dégage en *d*.

c. — *Gazogènes à gaz Riché.*

Dans les gazogènes Riché, les produits de la distillation du bois traversent une couche plus ou moins épaisse de charbon de bois chauffé au rouge, ce charbon de bois provient des distillations précédentes. Le gaz obtenu a une puissance calorifique moyenne de 2.800 calories par mètre cube, il reste dans la cornue du charbon de bois.

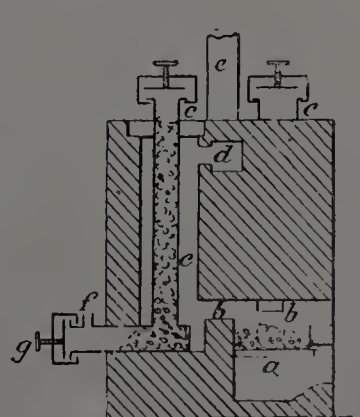


Fig. 7. — Gazogène Riché.

La fig. 7 représente un gazogène Riché. En *a* est le foyer, *b* et *b* sont des carneaux servant au passage des flammes du foyer qui viennent chauffer les cornues *c*, *d* est le conduit de fumée et *e* la cheminée.

Les cornues sont fermées par des couvercles maintenus par des étriers. Dans la partie infé-

rieure de la cornue, celle qui est la plus fortement chauffée, est le charbon de bois provenant de la distillation du bois. Dans le haut de la cornue on place le bois à distiller. Les gaz traversent le charbon de bois de haut en bas et se dégagent par l'orifice *f*. Le charbon de bois produit est extrait par le regard *g*.

Le gaz Riché peut convenir dans certains cas pour l'éclairage, mais pour le chauffage et pour la force motrice il est infiniment plus économique de brûler le bois et la houille, nécessaires au chauffage du gazogène Riché, dans des gazogènes à gaz mixte (1).

A l'une des séances du Congrès International de Chimie appliquée tenue à Paris en juillet 1900, M. E. Damour a fait une communication intéressante sur le chauffage des petits fours à bassin par le gaz de bois Riché.

Nous ne sommes pas complètement de l'avis de l'auteur de cette communication : l'emploi du gaz Riché pour les chauffages industriels ne nous paraît pas avantageux en ce sens que le mètre cube revient à environ 0 fr. 06, ainsi que nous avons eu occasion de le constater. La puissance calorifique de ce gaz est de 2.800 calories au mètre cube, aussi nous croyons plus avantageux d'employer :

1° Si le chauffage à produire est important :

a. — *Le gaz à l'eau* dont la puissance calorifique est sensiblement égale à celle du gaz Riché et que l'on peut obtenir plus économiquement. De plus le fonctionnement des gazogènes à *gaz d'eau* n'expose pas aux mêmes inconvénients que l'emploi des cornues en fonte du système Riché.

b. — *Le gaz de houille*. Plusieurs usines distillent la houille dont le gaz a 5.200 calories environ ne revient qu'à 6 ou 8 centimes le mètre cube, c'est-à-dire beaucoup moins cher que le gaz Riché, à puissance calorifique égale.

c. — *Le gaz pauvre*, brûlé avec de l'air sous 80 à 100 grammes de pression, dans des brûleurs convenablement disposés. Des essais ont été faits et les résultats obtenus sont assez satisfaisants pour décider à construire à Leignelay, près Fougères, un four de fusion à un seul creuset de 500 kg. C'est, croyons-nous, une bonne solution pour le chauffage des petits fours de verrerie.

2° Pour les petites installations, les gazogènes à gaz pauvre employés comme nous venons de l'indiquer, ou bien les gazogènes de gaz à l'eau nous paraissent les plus avantageux.

(1) V. Etude des divers gaz combustibles, par M. A. Lencauchez (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, mai 1899).

CHAPITRE III

FOURS DE FUSION. — DIVERS SYSTEMES DE FOURS

Selon la nature du combustible employé, on peut diviser les fours en cinq catégories : (1)

Les fours à grille ou à combustible solide ;

Les fours à combustible gazeux (à gaz de gazogène) ;

Les fours à combustible gazeux (gaz naturel) ;

Les fours à combustible liquide ;

Et enfin les fours électriques.

I. — Fours à grille.

Les anciens fours à grille sont presque complètement abandonnés pour les fours à gazogènes et à récupération. Ceux qui sont encore employés ont subi d'importantes modifications. Dans ce groupe, nous trouvons les fours Boétius et leurs dérivés, dans lesquels les foyers, heureusement modifiés constituent de véritables gazogènes, mais ils ne permettent pas la récupération de la chaleur perdue par les fumées et fonctionnent de ce fait en fours à grilles.

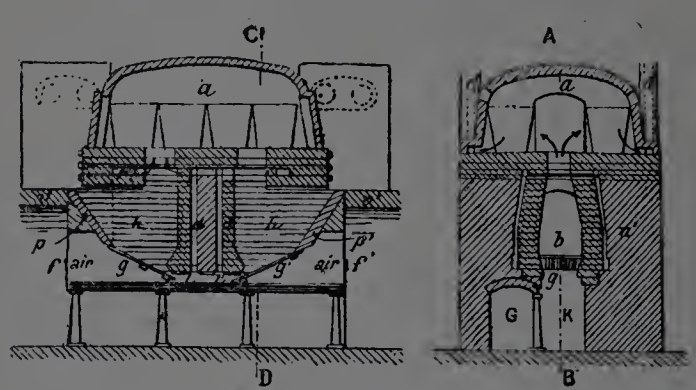
Ces fours conviennent principalement au travail de produits facilement fusibles, car leur rendement qui est de 60 0/0 pour une température de 1 000° dans le laboratoire des fours, s'abaisse à 30 0/0 à 1 450°.

(1) Pour l'étude des fours, le lecteur trouvera d'intéressants renseignements dans « *Le Chauffage industriel et les fours à gaz. Utilisation de la chaleur et récupération* », par E. Damour. Paris, Baudry, édit.

Les fumées s'échappant de ces fours peuvent être utilisées avantageusement au chauffage de chaudières à vapeur à moins que les gaz dégagés pendant la fusion du verre ne soient capables de ronger le fer.

Fours Boétius.

Les fours Boétius se composent du four de fusion proprement dit *a* (fig. 8 et 9) et de deux générateurs à gaz *b b'*, situés directement sous le four et séparés par un massif central *c*. L'aspiration s'effectue par des cheminées *d d'*, ménagées dans les piliers d'ouvreaux et en communication avec la hotte du four. Le siège est composé d'un massif légèrement incliné vers les parois du four et percé de deux lunettes *l l'* par lesquelles les gaz arrivent au four.



Four Boétius. — Fig. 8. — Coupe selon A B. — Fig. 9. — Coupe selon C D.

Sous le siège se trouve un réseau de petits canaux *r r'* débouchant dans les lunettes *l l'*, c'est par ces canaux que pénètre l'air nécessaire à la combustion qui s'échauffe en circulant sous le massif du siège.

Directement sous le four sont deux grands foyers à grilles profondes *b* et *b'* séparés l'un de l'autre par le massif central *c*. Ces grilles sont en *g* et *g'*, elles sont continuées par les plans inclinés *p* et *p'* jusqu'aux tisarts *t* et *t'*. Sous les grilles court le cendrier K appelé cave. G est un passage ménagé pour l'enlèvement des scories.

En 1885, M. L. Appert a apporté quelques perfectionnements aux fours Boétius, pour augmenter la température de l'air admis au four. La consommation de combustible est réduite de 10 à 15 0/0.

Par un système de chicanes placées le long des parois verticales des gazogènes et dans le damier disposé sous le siège du four, l'air est obligé de suivre un parcours beaucoup plus considérable et égal dans toutes ses parties, avec la vitesse la plus faible possible en contact avec les parties chaudes des gazogènes et du four en les rafraîchissant et en rendant l'usure moins rapide.

Des regards convenablement disposés permettent la visite et le nettoyage des chicanes et des canaux. L'air arrive dans le four à une température de 5 à 600°.

II. — Fours à combustible gazeux (à gaz de gazogène).

Les fours à gaz datent, à proprement parler, de 1856, mais beaucoup plus spécialement du brevet de Frédéric et William Siemens (1861). Grâce à l'utilisation de la chaleur perdue des fumées pour le chauffage de l'air et du gaz admis au four, les fours Siemens ont permis de réaliser de hautes températures tout en diminuant beaucoup la dépense de combustible. D'autres systèmes de fours à récupération différant plus ou moins du type primitif ont été créés pour leur étude, nous les classerons d'après le mode de récupération :

1° Simple récupération par l'air secondaire.
2° Double récupération par l'air secondaire et le gaz.
3° Double récupération par l'air total.
4° Triple récupération par l'air total et le gaz.

a. — *Fours à simple récupération par l'air secondaire.*

Par air secondaire, on entend l'air qui est admis au four pour brûler le gaz.

Les principaux fours de ce groupe sont les fours Radot-Lencauchez, Ponsard, Charneau, Gobbe et Derval.

Selon la nature du gaz employé, les rendements de ce système sont :

	à 1.000°	à 1.500°
Avec le gaz à l'air.	75,7	60,5
Avec le gaz mixte.	78,0	64,1

Ces fours se composent du four proprement dit, des récupérateurs et des gazogènes, ces derniers doivent être aussi près que possible du four pour éviter le refroidissement du gaz.

Four Derval.

Le four Derval (fig. 10 et 11) est un four rond à colonne centrale et est applicable partout où les fours à pots sont indispensables ; cristallerie, gobeletterie, fabrication des verres de couleurs.

Ce four diffère de l'ancien four Radot par une disposition plus judicieuse des brûleurs, qui par leur position ne sont plus exposés à être

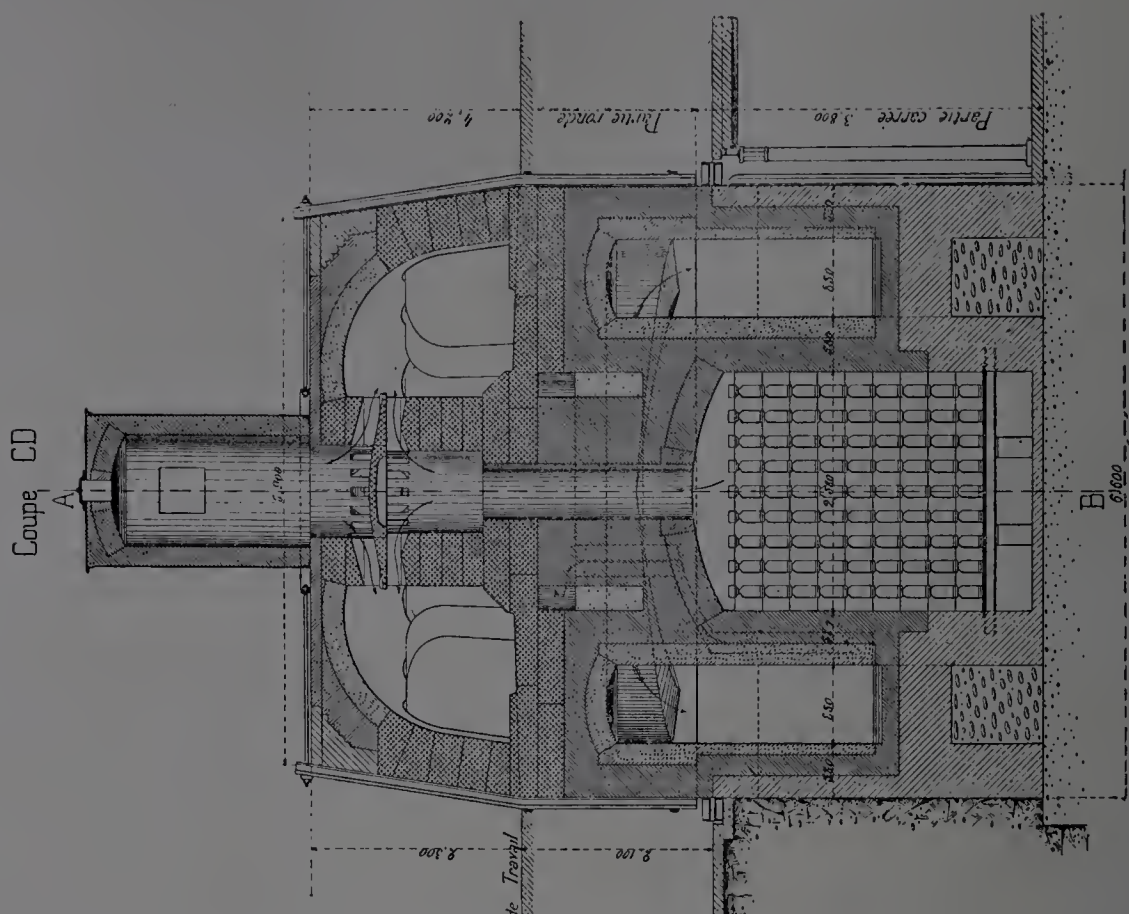

Coupe CD
A
B
Partie ronde
Partie carrée
Niveau des Places de Travail

Fig 11.

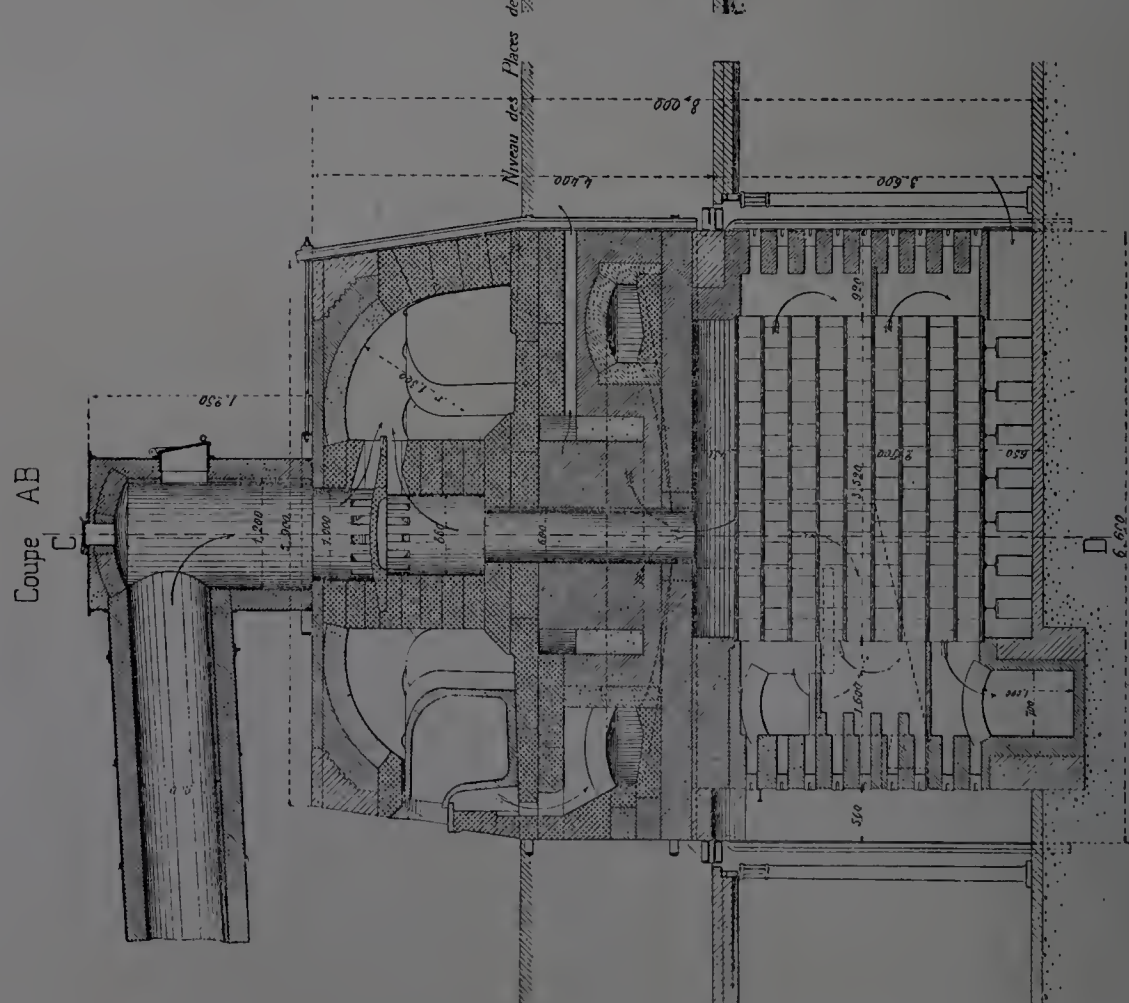

Coupe AB
C
D
Niveau des Places de Travail

Fig. 10.

détériorés par le verre, tombant sur la sole du four, qui coule dans des poches à verre, disposées dans les conduits de fumées avant l'entrée du récupérateur qui est ainsi mis à l'abri de toute détérioration.

Le gaz arrive au four par une conduite placée à l'air libre ainsi qu'on le voit sur les figures 10 et 11; le nettoyage de la canalisation de gaz est donc très facile.

Le récupérateur est du système Radot-Lencauchez, il est composé de briques réfractaires creuses (fig. 12), percées chacune de quatre trous rectangulaires et munies à leur partie supérieure, sur deux de leurs côtés de nervures horizontales.

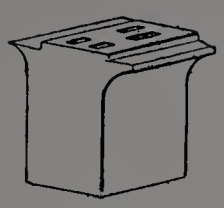


Fig. 12.

On élève ces briques par rangées P, P′ P″ (fig. 10 et 11), les unes au-dessus des autres, sur un plancher I formé de plaques de fonte percées de trous correspondant à ceux des briques, on les rassemble au mortier réfractaire en ayant pris soin de croiser les joints. Entre chacune des rangées et reposant sur les nervures des briques sont posées des briquettes *b*, *b*, *b″* etc., formant entretoises.

On a ainsi, d'une part, toute la série des canaux verticaux percés dans les briques et dans lesquels circule l'air admis au four et, d'autre part, de grands canaux horizontaux superposés, formés par les rangées de briquettes et les parois extérieures des briques creuses dans lesquels circule la fumée.

Des tampons placés à chaque extrémité des carneaux de fumée permettent un nettoyage rapide.

La surface de chauffe du récupérateur Radot-Lencauchez est d'environ 12 m² par mètre cube de récupérateur, dont le poids est de 600 à 650 kg. Les joints qui sont réduits au minimum, ne peuvent bâiller, puisqu'ils sont tous horizontaux et bien entretoisés par de triples couvre-joints.

Fours a récupérateurs Ponsard.

Les récupérateurs de ce système ont l'avantage d'offrir une très grande surface pour un faible volume; ainsi, d'après les dimensions extérieures du récupérateur, un mètre cube offre 23 m² de surface, moitié pour le refroidissement des gaz, moitié pour le réchauffage de l'air. Ce récupérateur, représenté fig. 13 et 14, se compose d'une première série d'intervalles *b* dans lesquels circulent les gaz brûlés chauds provenant du four et d'une seconde série *c* dans laquelle passe en s'échauffant, l'air admis au four. Chaque conduit

d'air est compris entre deux conduits de gaz chauds. Les cheminées ainsi formées sont entretoisées par des briques creuses formant chicanes sur différentes assises en hauteur. Ces chicanes sont destinées à présenter beaucoup de surface aux fluides, et de plus, elles établissent entre les diverses chambres des communications qui augmentent en-

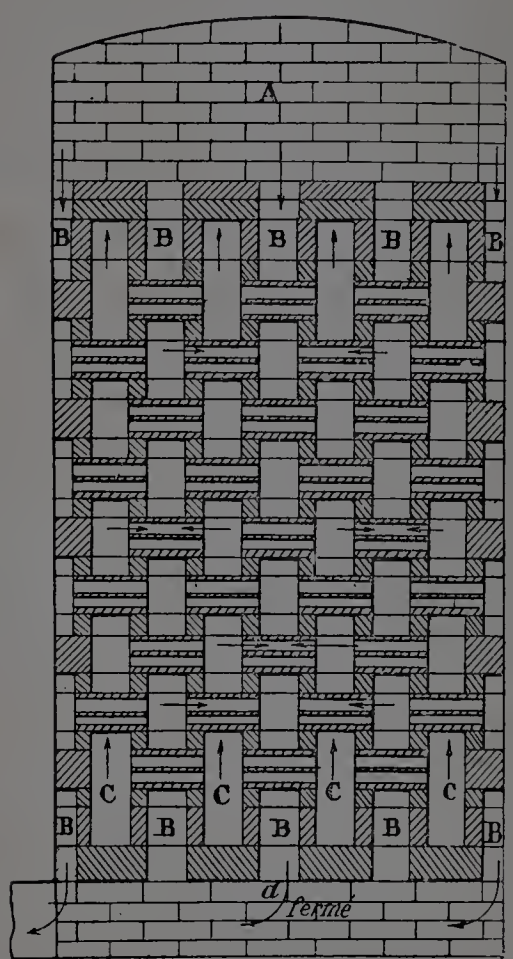


Fig. 13. — Coupe suivant A B.

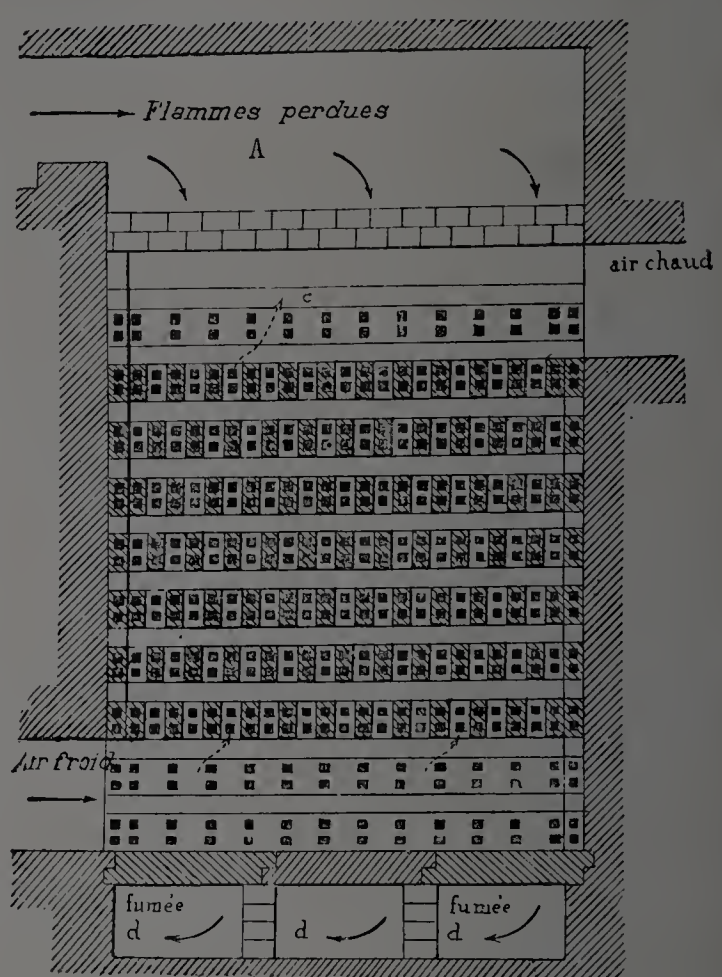


Fig. 14. — Coupe suivant C D.

core la surface de chauffe. Il est à remarquer que ces briques sont juxtaposées, c'est-à-dire jamais placées au bout les unes des autres de telle façon que le récupérateur peut subir des efforts de dilatation et de contraction sans être disloqué.

Pour rendre les joints verticaux absolument étanches, chaque brique porte aux points de jonction une rainure de 30 mm sur 2 à 3 mm ; de cette façon, en présentant deux briques l'une contre l'autre, elles donnent un vide que le mortier vient remplir, en formant comme un clavetage.

Fours a récupérateurs Charneau.

Pour la construction de ce récupérateur, on peut utiliser uniquement les briques courantes de 220×110×60 ; il est cependant préférable d'employer un carreau à recouvrement de 220×230 d'épaisseur variable suivant la température exigée par le four.

Les fig. 15 et 16 permettent de se rendre compte de la construction de ce récupérateur, il est composé d'une série de conduits parallèles, *a*, *a*, *a*, construits avec des briques de dimensions courantes, dans ces con-

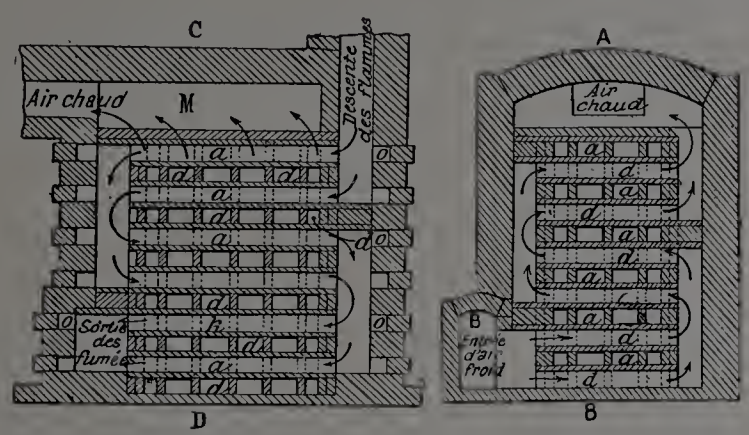


Fig. 15.— Coupe suivant P P Fig. 16. — Coupe suivant R R

duits circulent les flammes perdues du four, ces conduits sont séparés par des briques ordinaires ou par des carreaux *k k* des conduits d'air, lesquels sont disposés perpendiculairement à ceux des flammes.

Tous les joints sont étanches car, par suite de la disposition perpendiculaire des conduits d'air et de flammes, chaque joint est recouvert par une brique. Il est donc matériellement impossible qu'il y ait communication entre les flammes et l'air à chauffer. C'est le seul appareil qui, malgré tant de simplicité, offre cet avantage.

Ce récupérateur est un peu encombrant.

Fours Gobbe.

Les fours que nous venons de décrire sont tous à circulation continue et uniforme des courants gazeux, les fours Gobbe au contraire sont à renversement des courants gazeux, ils utilisent des récupérateurs Siemens, mais la récupération ne se fait que pour l'air.

Les fours Gobbe sont des fours à cuves (ou bassins) ; ils sont universellement appréciés, ils sont surtout très répandus dans les fabriques

de verres à vitres ; ils se distinguent par la grande profondeur de leurs bassins, qui atteint 1^m,5 à 2 m selon la plus ou moins grande diathermanéité du verre.

La fig. 17 représente une coupe transversale d'un four Gobbe.

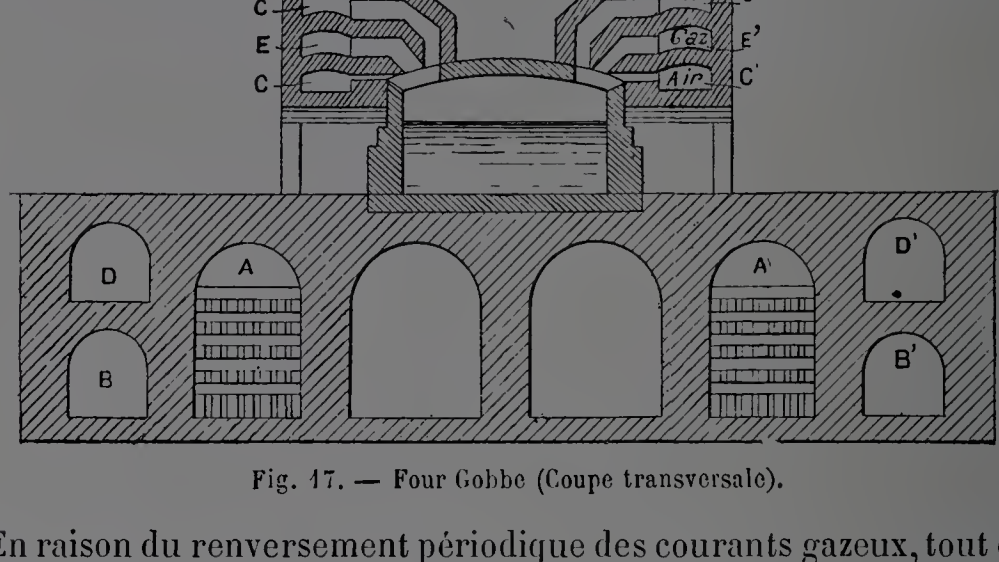


Fig. 17. — Four Gobbe (Coupe transversale).

En raison du renversement périodique des courants gazeux, tout est symétrique dans la disposition des brûleurs et des régénérateurs de ce four.

Des deux récupérateurs A et A′, l'un A′ est traversé par l'air se rendant au four, l'autre, A, au contraire livre passage aux flammes perdues sortant du four par les brûleurs C,C,E. En B et B′ sont les conduits d'air, en D et D′ ceux de gaz. L'air chaud se rend aux brûleurs par les carneaux C′ C′, le gaz par le carneau E′ et les flammes perdues s'échappent vers le récupérateur A par les carneaux C, C, E. Lorsque les courants gazeux seront renversés, l'air arrivera au four par le récupérateur A et les carneaux C et C, et le gaz par D et E. Les gaz brûlés sortiront par C′, C′, E′, pour réchauffer le régénérateur A′.

b. — *Fours à double récupération par l'air secondaire et par le gaz*

Le type des fours de ce groupe est le four Siemens primitif, de nombreuses modifications ont été apportées à ce four, nous ne pouvons les décrire toutes ici. Nous examinerons donc seulement l'ancien four Siemens dont l'emploi tend à disparaître, et les fours à radiation datant de 1884 et qui sont dus à M. F. Siemens.

Le rendement théorique de ces fours est de 66,8 0/0 à 1 800° pour le gaz à l'air, avec le gaz mixte, ce rendement est de

84,8 % à 1 000°
et de 84,2 % à 1 500°

L'emploi du gaz mixte procure donc avec ces fours une économie considérable.

Dans le four Siemens représenté par la fig. 18, les gaz sortant des gazogènes passent par la valve de renversement G qui les dirige dans le récupérateur G', G', tandis que l'air après avoir traversé la valve de renversement A, pénètre dans le récupérateur A', A' dont le volume est plus considérable que celui du récupérateur à gaz.

L'air et le gaz arrivent en B' dans la chambre de combustion. La

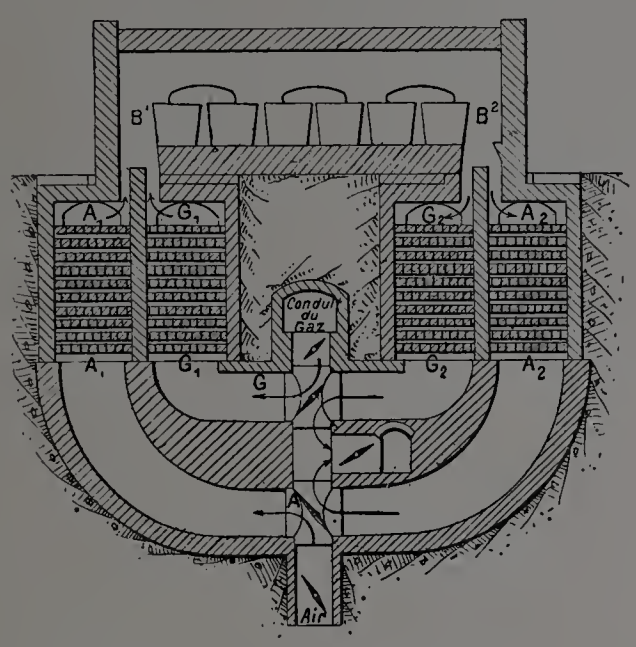


Fig. 18. — Ancien four Siemens.

flamme traverse le four et s'échappe par B^2 dans les deux chambres des récupérateurs A^2, A^2 et G^2, G^2 où elles abandonnent leur calorique avant de s'échapper par la cheminée.

Ainsi, dans le four Siemens, l'air et le gaz avant leur entrée au four se chauffent en traversant des chambres de récupération garnies de briques disposées en chicanes, qui ont été préalablement chauffées par les flammes perdues à des intervalles réguliers par la manœuvre simultanée des valves à air et à gaz ; on renverse les courants gazeux, les flammes perdues passent alors dans les chambres que traversaient l'air et le gaz, et ces deux derniers circulent dans les chambres qui viennent d'être réchauffées.

Fours à radiation. — En 1884, M. Frédéric Siemens a inventé les fours dits à radiation. Dans l'enceinte d'un four de ce type, enceinte qui doit être d'un grand volume, les flammes ne chauffent que par rayonnement, puis dans les récupérateurs, elles chauffent par contact. L'uti-

lisation de la chaleur disponible est ainsi beaucoup plus complète et la durée des fours est augmentée.

La disposition des récupérateurs n'est pas modifiée : il existe encore deux chambres de récupération pour l'air et deux pour le gaz, tandis qu'une chambre à air et une à gaz livrent passage aux gaz admis au four, les deux autres chambres reçoivent les flammes sortant du four.

Ces fours à radiation se construisent aussi bien en fours à pots, qu'en fours à bassins, il en existe un grand nombre de types qui diffèrent seulement par la disposition plus ou moins heureuse des brûleurs. Pour les fours à bassins, une disposition originale est celle dite « en fer à cheval » (fig. 19 et 20).

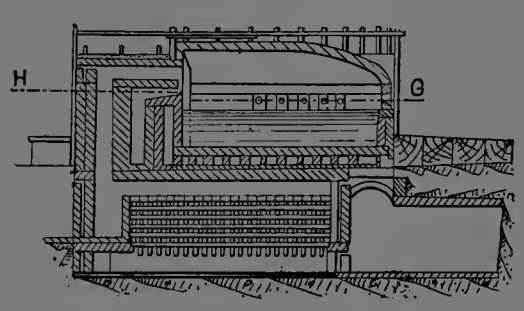


Fig. 19. — Coupe suivant A B

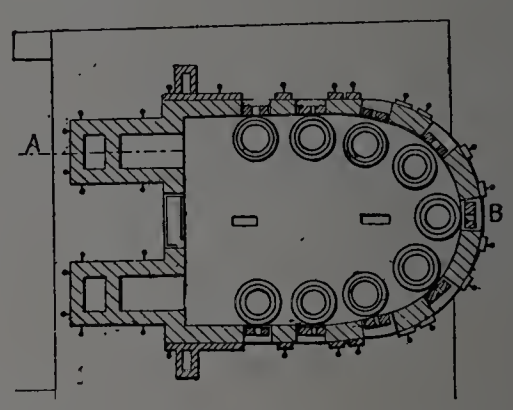


Fig. 20. — Coupe horizontale suivant H G

Four à radiation dit « en fer à cheval ». — Deux brûleurs sont disposés symétriquement d'un côté du four, laissant ainsi entièrement dégagés les trois autres côtés, les flammes circulent dans le four en faisant une vaste boucle, la répartition de la chaleur est très régulière. L'enfournement des compositions se fait entre les deux brûleurs.

c. — *Fours à double récupération par l'air total.*

Il n'existe pas encore d'applications complètes de la récupération par l'air total, les gazogènes ordinairement employés ne pouvant recevoir de l'air ayant une température égale à celle du four. Seuls, les gazogènes à combustion renversée peuvent permettre le chauffage de l'air primaire à une température aussi élevée que possible.

Le rendement de fours à double récupération par l'air total serait :

Avec le gaz à l'air de 94,8 % à 1 000° et de 90 % à 1 500°
Avec le gaz mixte de 89,4 % à 1 000° et de 79,8 % à 1 500°

d. — *Fours à triple récupération par l'air total et par le gaz.*

Les fours à triple récupération qui n'ont pas encore été réalisés industriellement donneraient un rendement de 94,8 0/0 à 1 000° et de 94,3 à 1 500°.

III. — Fours à combustibles gazeux (à gaz naturel)

Le gaz naturel qui se trouve en abondance dans certains pays est utilisé pour le chauffage des fours pour l'éclairage et pour la force motrice.

A Pittsburg, qui est à environ 150 km. de New-York, toutes les industries emploient ce moyen de chauffage.

Les fours chauffés au gaz naturel n'utilisent pas la récupération, sauf un seul type de four, celui de M. Joseph Anderson. La fig. 21 représente un four de ce système employé à la glacerie américaine d'O'Hara. Le gaz est réglé par la valve *a*, *b* est un tube demi-annulaire, percé de nombreux trous, servant de brûleur, chaque four possède au moins deux brûleurs semblables, on peut ainsi réparer un de ces brûleurs sans laisser pour cela le four se refroidir.

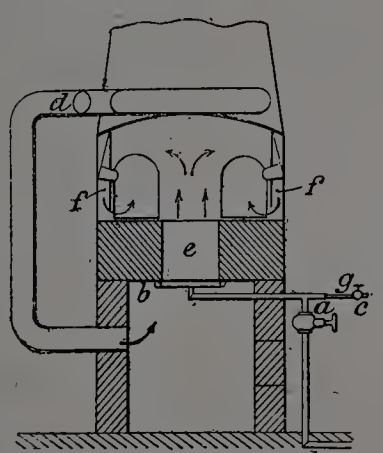


Fig. 21. — Four à gaz naturel de la glacerie d'O'Hara.

Immédiatement au-dessus du four se trouve un tube de fer *d* affectant la forme d'un anneau ouvert, l'air nécessaire à la combustion entre en *d*, circule dans le tube où il s'échauffe en prenant la chaleur perdue des gaz sortant du four puis vient déboucher sous le brûleur *b*.

Si pour une cause quelconque le combustible gazeux venait à manquer, il serait facile de chauffer ce four à l'aide d'un combustible liquide, pétrole, benzine, etc. Le tube *g* est en communication avec le réservoir à combustible liquide qui est placé dans un endroit assez élevé pour que le liquide coule jusqu'en *b*. Pour employer le combustible liquide on ferme d'abord la vanne à gaz *a* puis on ouvre une autre vanne *e*, le liquide arrive au brûleur *b* où il est vaporisé par la chaleur.

Ce four a fait ses preuves, il a fonctionné plus de trois ans sans réparations.

Dans certaines verreries de Pittsburg, on emploie le four représenté

par la fig. 22. Le gaz arrive par des tubes *a* sur lesquels sont branchés des tubes plus petits pénétrant dans le massif du four en *b*.

L'air entre en *c* monte par les canaux *d* et pénètre dans le four au-dessus des arrivées de gaz en *e*, les produits de la combustion s'échappent par les orifices *f*. Une porte *g* permet d'introduire au four une quantité déterminée d'air pendant l'affinage, cet air est donc introduit au four d'une façon facultative.

Dans le four Atterburg employé en cristallerie et qui pourrait tout

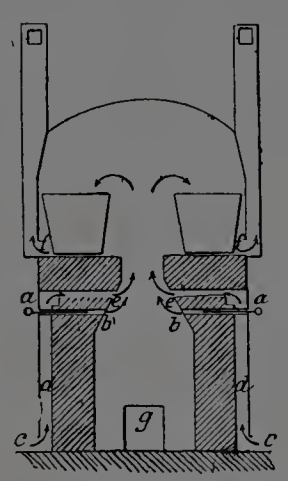


Fig. 22.

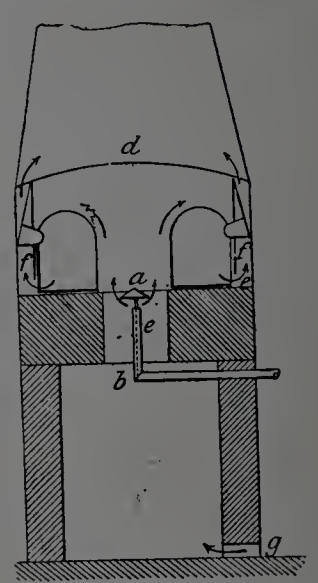


Fig. 23.

aussi bien être employé en verrerie (fig. 23) un bloc de terre réfractaire *a* est placé au-dessus de l'arrivée de gaz; il est maintenu par un support en fer *b* faisant corps avec le tube *e*. Il résulte du choc du gaz sur le bloc *a* un mélange plus intime du gaz et de l'air et une combustion plus complète, il évite aussi une usure trop rapide de la voûte *d* qui, sans lui, serait frappée directement par la flamme.

L'air entre par d'étroites ouvertures *g* pratiquées dans le mur au niveau du sol.

Les gaz brûlés s'échappent par les ouvertures *f*.

IV. — **Fours à combustibles liquides.**

Les fours employant des combustibles liquides, benzine, pétroles bruts ou les résidus de la distillation des pétroles, l'astatki ou mazouth peuvent se diviser en deux catégories selon leur mode d'alimentation.

1° Ceux dans lesquels le combustible est volatilisé dans le brûleur par la chaleur dégagée par la combustion, dans ce groupe se trouve le

four de la glacerie américaine d'O'Hara dont nous avons parlé page 36. Ces fours ne peuvent employer que des combustibles complètement volatils, ne laissant aucun produit solide par la distillation.

2° Ceux dont les brûleurs sont alimentés par le combustible pulvérisé par un jet d'air ou de vapeur sous pression. Ces jours permettent l'emploi de combustibles impurs dont le prix d'achat est très bas, ce sont donc les plus avantageux, ils sont très répandus en Russie, en Bulgarie, en Roumanie, etc.

Des essais faits en 1896 par la Société belge des Glaces de Roux ayant donné des résultats satisfaisants, ce système a été appliqué l'année suivante par sa filiale la Société Belgo-Russe.

Voici quelques renseignements sur les fours de cette société, renseignements que nous devons à M. Gernaërt, administrateur délégué de la glacerie de Roux (Belgique).

Chaque pignon du four comporte quatre entrées d'air, trois sorties de flammes et deux pulvérisateurs de naphte, appelés « farsunkas » ; des récupérateurs Siemens reçoivent les flammes perdues et chauffent l'air admis au four. On peut se servir à volonté, soit de deux entrées d'air et de deux sorties de flammes, soit des quatre entrées et des trois sorties.

Les « farsunkas » pulvérisent le naphte à l'aide d'un jet de vapeur.

La construction des fours à naphte exige certaines précautions pour les mettre à l'abri des coups de feu toujours à craindre avec un combustible aussi riche. Les fours de la Société Belgo-Russe donnent toute satisfaction ; leur durée est comparable à celle des fours à gaz Siemens.

V. — **Fours électriques.**

En raison de la haute température produite par l'arc voltaïque l'utilisation de l'électricité au chauffage des fours de verrerie a tenté les ingénieurs. Il existe en effet dans tous les massifs montagneux des chutes d'eau permettant d'obtenir très économiquement l'énergie électrique. L'obstacle à l'emploi des fours électriques est l'inconductibilité du verre et de ses composants.

Les fours électriques de verrerie ne sont encore que des appareils d'essais, M. Maurice du Welz vient de faire sur ce sujet une intéressante conférence (1) à l'association des ingénieurs de l'Institut Electro-

(1) Voir la Revue *l'Industrie* du 23 juillet 1901, page 505 à 508. — Bruxelles, 13, rue Ducale.

technique de Liége, nous lui empruntons les renseignements suivants, sur les divers types de fours électriques essayés.

Les premiers essais furent faits avec le four représenté par la fig. 24.

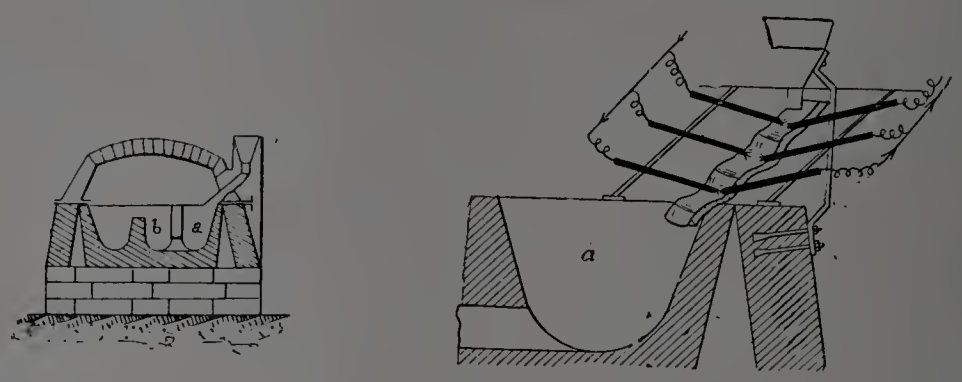


Fig. 24. — Four primitif.
Coupe verticale. — Détail du chenal de fusion.

le mélange vitrifiable chargé dans la trémie *d* tombait sur un plan ondulé disposé obliquement; trois arcs voltaïques disposés le long de ce plan provoquaient la fusion du mélange, le verre produit était chargé de matières infondues, il tombait dans la cuve renfermée dans le four, qui était fortement chauffé, soit au gaz, soit à l'aide d'un autre combustible; cette cuve divisée en trois compartiments recevait en *a* la matière fondue, les grumeaux descendent au fond et le verre seul passait en *b* puis en *c*.

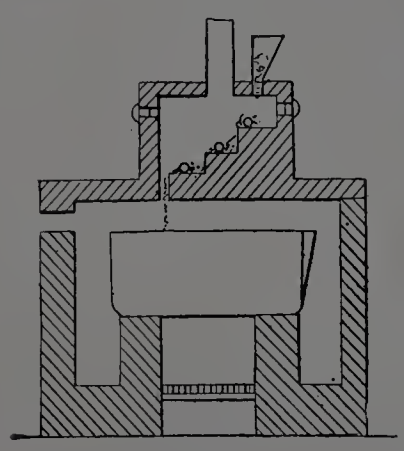


Fig. 25.

De modifications en modifications on en est arrivé au four que représente la fig. 25. Le chenal de fusion affecte la forme d'un escalier à trois marches, sur chacune d'elles la matière est chauffée par un arc voltaïque, elle tombe ensuite dans un creuset chauffé par un foyer alimenté par du coke.

Dans un nouveau four en construction, le verre formé dans le chenal de fusion sera reçu dans un bassin où il sera maintenu à la température de l'affinage par un courant électrique traversant la masse même du verre. L'inconductibilité du verre diminuant au fur et à mesure que la température augmente.

On voit donc par ce rapide exposé que les fours électriques doivent encore subir bien des perfectionnements avant d'être employés en verrerie.

En résumé, dans le choix d'un système de four, il faut tenir compte de la situation géographique pour le prix et la nature des combustibles, des matières premières, des marchandises fabriquées.

De ces conditions doivent dépendre aussi les modifications à apporter à tel ou tel four dans ses diverses parties : gazogène, brûleur, bassin, récupérateurs.

Le meilleur des fours est celui dont on sait le mieux se servir.

DEUXIÈME PARTIE

PRODUCTION & MANIPULATION

CHAPITRE PREMIER

LES GLACES

La fusion du verre, la fabrication de la glace brute.

Nous avons indiqué dans l'avant-propos de cet ouvrage les changements apportés dans la composition des matières premières qui, par leur fusion, constituent le verre.

Ces changements ont été amenés forcément à la suite de transformations politiques et économiques, puis par suite des perfectionnements scientifiques.

Dans ces dernières années, on s'est appliqué principalement, en glacerie, à rechercher l'emploi des matières premières les plus pures, les moins ferrugineuses, afin d'obtenir un verre aussi incolore que possible ([1]).

On s'est appliqué à obtenir le maximum de température dans les fours de fusion, et pour cela on s'est préoccupé de la mesure des températures pendant les diverses phases de la fusion et du travail du verre. On s'est préoccupé également de la composition du mélange des argiles constituant les creusets dans lesquels s'effectue la fusion des matières premières vitrifiables ; puis aussi des matériaux réfractaires constituant les fours de fusion. On a modifié ces fours quant à leur capacité, pour

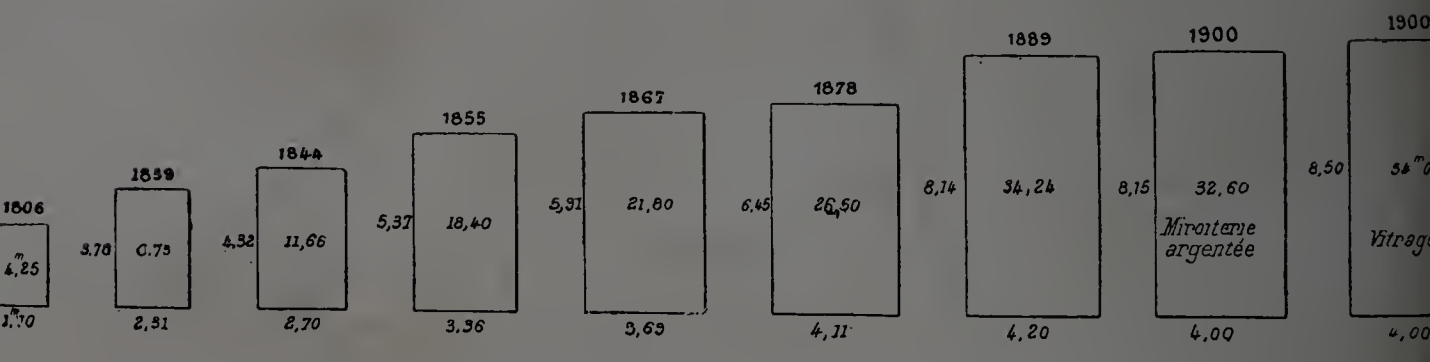
(1) Nous renvoyons à ce sujet le lecteur aux rapports spéciaux sur la verrerie, publiés en 1878, en 1890 et en 1902, à la suite des Expositions universelles, rapports dus à des spécialistes, ne voulant pas ici citer nos efforts, nos travaux personnels.

loger un nombre de creusets plus ou moins considérable, ou des creusets de capacités plus ou moins considérables. M. Frémy a même donné une théorie de l'affinage du verre.

Les glaces ont une tendance à être coulées plus grandes. La cuisson de ces glaces a été étudiée, et il est résulté de ces études des progrès au point de vue de l'augmentation du rendement des appareils, au point de vue de la régularité de la recuisson, donc au point de vue de l'économie du prix de revient et de la qualité du produit obtenu.

Pendant les trois dernières années qui ont précédé l'Exposition universelle de 1900, les bulletins de statistiques des douanes laissent constater que les glaces sont en diminution comme quantités exportées et cela à cause de glaceries récemment créées à l'étranger. Là aussi notre exportation tend à diminuer et les applications nouvelles ne sont pas en rapport, quant à présent, avec le trop grand développement de cette fabrication. On exportait avant l'Exposition de 1900 pour 4 millions de glaces.

Il est curieux de passer en revue les dimensions des glaces de Saint-Gobain depuis la première exposition française jusqu'à celle de 1900.



L'abaissement du prix de vente a suivi les progrès de la fabrication, permettant ainsi de vulgariser l'emploi d'un produit aussi nécessaire à l'élégance qu'au confortable des constructions modernes. C'est ce qui ressort du tableau suivant :

	1702	1802	1835	1856	1862	1884	1889
	livres	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr c.
GLACE de 1 mètre carré de superficie.	165	205 »	127 »	61 »	47 75	40 30	30 23
— 2 mètres carrés —	540	859 »	377 »	143 »	107 »	93 80	70 35
— 3 — —	1000	1648 »	757 »	248 »	186 »	160 »	102 »
— 4 — —	2750	3644 »	1245 »	349 »	262 »	227 »	139 »

Pour les glaces de grandes dimensions, la baisse a été encore bien plus rapide.

Ainsi, une glace de 10 m² de superficie qui coûtait, en 1873, 1200 francs, ne coûte plus que 400 francs environ.

Fig. 26. — Coulage d'une grande glace.

Le roulage des glaces se fait mécaniquement et électriquement. Nous avons vu *verser* mécaniquement à la glacerie de Courcelles (Belgique).

Travail mécanique des glaces.

A leur sortie des carcaïses et après leur équarrissage, les glaces ne sont pas transparentes, leurs surfaces sont rugueuses ; les surfaces ne sont même pas parallèles ; il s'agit de faire disparaître toutes ces aspérités et puis ensuite il faut rendre les glaces transparentes. Pour arriver à ce résultat, on soumet les glaces à trois séries d'opérations obtenues à l'aide d'appareils mécaniques différents ; ces opérations portent les noms de doucissage, de savonnage et de polissage.

Les appareils à doucir travaillent les surfaces brutes au moyen de lames en fonte (ou en fer) avec interposition de sable gris ou grès, c'est le doucissage, puis de sable fin et d'émeri de diverses grosseurs qui donnent à cette opération le nom de savonnage.

Les appareils à polir travaillent les surfaces savonnées, parallèles, feutre sur verre, avec interposition d'oxyde de fer ou potée.

Les appareils à doucir sont de plusieurs sortes.

Jusqu'en 1768, le travail des glaces se faisait à la main.

La Compagnie anglaise de Ravenhead commanda à Boulton et à Watt, de Birmingham, vers cette époque, une machine à vapeur qui paraît être la seconde machine à vapeur construite par les célèbres constructeurs ; l'année suivante, le travail mécanique remplaçait à Ravenhead le travail manuel.

En 1820, Clément Desormes introduisit à la glacerie de Saint-Gobain des machines à dresser, qui furent construites en Angleterre, par Hall de Dartford.

En 1824, Hoyau obtint un dressage et un doucissage parfaits de glaces de grandes dimensions au moyen d'une machine dont l'idée principale consiste dans la rotation rapide d'un ou plusieurs outils, rodoirs ou ferasses mobiles autour d'un axe vertical, tandis que la pièce à dresser se trouve sur une plateforme ou support à rotation excentrique par rapport au système précédent et présente successivement tous ses points à l'action de l'outil. C'est donc la généralisation du principe du tour appliqué au dressage mathématique des grandes surfaces.

En 1834, on reprit ces expériences en scellant plusieurs morceaux de glaces, les dressant et les dégrossissant à l'aide de ces moellons ou rodoirs.

Le mécanicien Ranvez mit en pratique les idées et les principes émis par Hoyau, il en fit une application au dressage des glaces de l'usine de Cirey.

En 1836, en Angleterre, Robert Griffiths et John Gold se firent breveter pour un appareil analogue.

D'un autre côté, M. Carillon devint, après 1815, le collaborateur des Dartigues et des Clément Desormes, et imagina un appareil à dresser basé sur les principes des planeuses anglaises et sur la rotation d'un moellon recevant, indépendamment du mouvement de rotation, un mouvement transversal et longitudinal.

Ces appareils construits vers 1845, pour la glacerie de Sainte-Marie d'Oignies, n'ont pas répondu aux résultats attendus et ont été abandonnés depuis trente-six ans.

En 1862, en Belgique, MM. Bodson, Jacques et Lambot prenaient des brevets pour des appareils à dresser les pierres, etc.

En 1868, la Compagnie de Floreffe obtenait un brevet pour des appareils à doucir basés également sur le principe du tour appliqué au dressage, et dont on rencontre de nombreux spécimens dans les glaceries.

Le savonnage des glaces se fait également à la machine depuis quarante ans ; les premiers appareils furent construits en 1849, en Angle-

terre, par M. Obed Blake ; les premiers appareils à savonner appliqués en Belgique furent construits par M. Bernard, directeur de la glacerie de Recquignies. Depuis, un grand nombre de brevets ont été pris sur le même sujet, à Floreffe, en 1858, à Roux en 1870 ; puis par M. Malevez vers 1865.

Pour le doucissage, les anciens appareils étaient formés d'une table fixe en pierre, sur laquelle étaient juxtaposées et scellées les glaces brutes ou doucies d'un côté.

Un long balancier en fer est suspendu au plafond de l'atelier par des chaînes et animé d'un mouvement de translation circulaire qui entraîne dans le même mouvement une, deux et jusqu'à trois planches en bois de chêne sous lesquelles sont vissées des lames de fer.

L'ouvrier doucisseur, qu'il se serve de cet appareil ou des suivants, projette successivement sur les glaces du gros sable, du sable fin ; un courant d'eau continuel empêche ces matières de s'empâter entre les planches et les glaces.

Les surfaces soumises à ce frottement s'aplanissent d'abord, puis se doucissent par l'empreinte de plus en plus fine qu'y laissent les grains des matières premières déjà indiquées.

Lorsqu'un côté des glaces est terminé, on le retourne de l'autre et on agit de même.

Une bouillie claire de plâtre sert à les sceller sur les tables.

Des appareils plus récents, usités dans toute l'Allemagne, diffèrent de ceux-ci.

La table fixe en pierre y est remplacée par une grande table en chêne d'une superficie de 15 m^2 ; cette table reçoit un mouvement rectiligne et lent de va-et-vient. Deux grands plateaux en fer ou en bois, sous lesquels sont vissées également des lames en fonte, reçoivent un mouvement de translation circulaire par l'intermédiaire d'un fort châssis en fonte ; ce châssis est supporté par quatre manivelles de $0^m,90$ d'épaisseur.

Ce double mouvement, rectiligne pour la table et rotatif pour les plateaux, ainsi que cette grande superficie de table, ont eu pour résultat de doucir deux fois plus vite que précédemment.

Cependant, les surfaces obtenues ne sont pas encore parfaites et la casse atteint encore de 4 à 6 0/0.

Un troisième genre d'appareil à doucir, employé depuis longtemps en Angleterre et actuellement dans toutes les fabriques belges, l'emporte de beaucoup sur les deux premiers. Nous voulons parler de la

plateforme, dont l'inventeur est M. Hoyau et que nous avons cité plus haut.

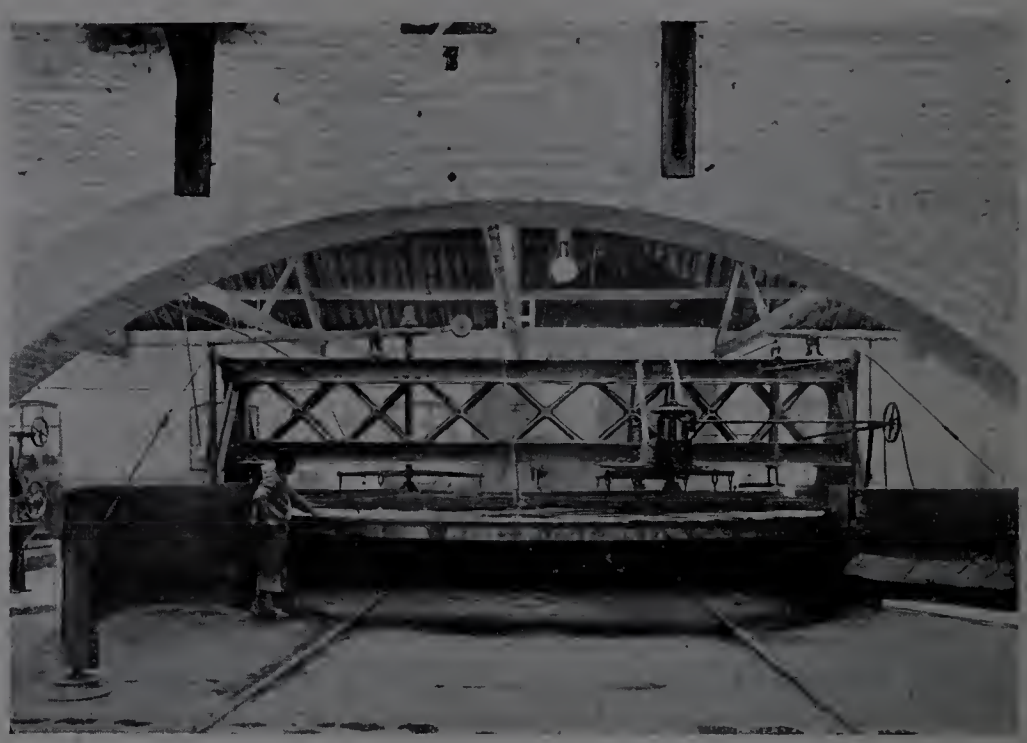


Fig. 27.

La table est en fonte ou en fer, elle est circulaire et animée d'un mouvement de rotation autour d'un pivot placé à son centre.

Deux plateaux à six ou huit pans, en chêne, pesant 200 kgs chacun et sous lesquels sont encore vissées des lames en fonte, tournent au-dessus de la table et servent à doucir les glaces qui y sont scellées. Ils sont munis chacun d'un contrepoids, pour que l'ouvrier puisse ménager à volonté leur pesée sur les glaces.

Les plateaux sont supportés sur un grand chariot transversal fixe ou mobile sur quatre roues et d'un poids à peu près semblable à celui de la plateforme.

Le diamètre de la plateforme varie de 6 à 10 mètres et le nombre de tours est fonction du diamètre.

Le double mouvement de rotation de la table et des plateaux fournit un doucissage deux fois plus rapide que l'appareil précédent, des surfaces parfaitement planes et malgré la vitesse et le poids considérable, une casse moindre ; le prix du doucissage en a été de beaucoup diminué.

Comme on pense bien, une pluie de brevets est venue s'abattre sur cet appareil important.

Dans telle plate-forme comme dans celle dont il vient d'être question,

la table seule est commandée par la machine, les plateaux sont entraînés par le frottement des glaces ; dans telle autre, les plateaux entraînent la plateforme ; dans telle autre encore les plateaux et la plateforme sont commandés par la machine tournant parfois dans le même sens, parfois en sens contraire ; parfois la table est rivée à son pivot, parfois elle peut s'en détacher pour être enlevée après chaque opération au moyen d'un chariot ; parfois ce sont les plateaux qui peuvent s'écarter au moyen d'un autre chariot comme dans la première plateforme décrite ; parfois deux tables sont travaillées par un seul et unique grand plateau ; parfois la table est recouverte de lames de fer, parfois de tôle de fonte ; parfois elle est tout en bois comme il en a été fait pour la Russie ; parfois la plateforme est commandée par engrenage, par courroie.

L'esprit des inventeurs, on le voit, s'est courageusement multiplié dans la construction de cet appareil et la nécessité d'échapper à la multiplicité des brevets a fait naître des combinaisons de toute nature.

Autrefois, les glaces étant doucies des deux côtés, on passait à la seconde opération, *le savonnage*.

Par ce travail, les surfaces doucies étaient, comme on l'a dit, frottées verre sur verre avec interposition de quatre numéros successifs d'émeri de plus en plus fin. Le mouvement était beaucoup plus lent qu'au douci, dix à quatorze révolutions par minute.

Il y a cinquante ans, le savonnage se faisait partout à la main ; afin de réduire le coût de la main-d'œuvre, on a imaginé des appareils à savonner.

Ils sont actuellement de deux espèces, mais imitent mécaniquement le mouvement du savonnage à la main, qui consiste à promener sur une glace fixe une glace mobile dont le centre décrirait un 8 allongé.

Dans tous les appareils, la glace fixe repose sur une table de pierre recouverte de toile mouillée destinée à empêcher le glissement, habituellement la table est fixe ; on en a cependant construit qui étaient soumises à un mouvement de va-et-vient.

La première espèce d'appareils à savonner opérait le mouvement de la glace mobile au moyen de deux bras de levier ; la seconde espèce, au moyen d'un seul bras de levier.

Les glaces étant savonnées des deux côtés, on les soumet à la troisième opération, celle du *polissage*.

Polissage.

Depuis fort longtemps le polissage ne se fait plus à la main, mais au moyen d'appareils mécaniques de deux sortes ; les plus anciens qui impriment aux feutres ou polissoirs un mouvement de va-et-vient rectiligne ; les nouveaux qui leur impriment un mouvement de translation circulaire.

Dans les uns comme dans les autres, la table est actionnée d'un mouvement rectiligne de va-et-vient, elle doit être carrée dans les anciens et peut être rectangulaire dans les nouveaux ; parfois elle repose simplement sur un chariot, d'autres fois elle y est rivée.

Les appareils à rotation, introduits seulement en Belgique en 1807, ont détrôné les anciens appareils à va-et-vient par la rapidité du travail et l'économie du polissage. Un appareil d'origine allemande avait des tables rectangulaires de 3 m sur 5 m avec 18 polissoirs et polissait en six et huit heures, autrefois le même travail eût exigé douze heures de plus, il fallait des ouvriers polisseurs spéciaux ayant fait un long apprentissage. Un grand châssis en fonte repose sur six manivelles dont quatre motrices et deux conductrices, il est relié transversalement par trois lignes de poutrelles accouplées entre lesquelles sont maintenues les broches des 18 polissoirs.

Un an plus tard, la Société des Glaces et Verreries du Hainaut à Roux introduisit un appareil analogue, d'origine française ; il polit également à rotation, mais le mouvement de la table au lieu d'être uniforme est uniformément varié ; il est obtenu à l'aide d'une vis et d'une bielle avec manivelle. Quand les polissoirs sont sur les bords de la table, celle-ci ralentit, ce qui assure le polissage des bords comme du milieu de la table ; avec ces appareils on polissait en cinq heures.

Les appareils à rotation ont été supplantés en 1889 par les plateformes à polir ; à la suite de recherches incessantes on est arrivé à faire le travail de doucissage, de savonnage et de polissage des glaces scellées sur une même table sans interruption, c'est-à-dire que l'on doucit et que l'on savonne sur une table et que celle-ci est transportée sous l'appareil à polir.

Savonnage à la plateforme.

Le savonnage des glaces qui se faisait anciennement à la main et plus tard avec des appareils spéciaux, comme nous l'avons vu plus haut, s'effectue aujourd'hui directement à la plateforme à doucir. Ce n'est pas sans difficulté qu'on est arrivé à ce résultat, mais par de nombreux essais et une propreté exceptionnelle dans les opérations de doucissage.

En Belgique, à Floreffe, à Sainte-Marie-d'Orgnies, on était déjà arrivé en 1868 et en 1869 à savonner de grandes glaces à la plateforme, mais sur les glaces de dimensions moyennes et les petites on ne pouvait y parvenir, l'on devait les savonner à la main ou avec les machines spéciales après leur descellement. Ce n'est qu'en 1883 que la Société des Glaces et Verreries du Hainaut à Roux [1] est parvenue à ce résultat après de nombreuses recherches, poursuivies sans relâche et avec une persistance qui ne s'est jamais démentie. Le résultat obtenu était d'autant plus remarquable qu'il n'exigeait aucun appareil nouveau ni spécial, et par conséquent aucune dépense. C'est à un simple tour de mains, qui consiste à jeter convenablement les sables fins et l'émeri, en les arrosant avec un filet d'eau ; une propreté absolue étant de rigueur. Par le nouveau procédé on supprimait une opération coûteuse de la fabrication des glaces, on réduisait le prix de revient de plus d'un franc au mètre carré, tout en permettant de polir directement les glaces à la plateforme, sans aucun descellement.

Polissage des glaces à la plateforme.

De nombreux essais ont été faits depuis longtemps en Angleterre pour arriver à polir les glaces à la plateforme, mais sans succès. En Belgique, la Société des Glaces et Verreries du Hainaut à Roux fit construire des plateformes à polir en 1868, mais la difficulté que l'on rencontra pour savonner les glaces à la plateforme fit renoncer à ce genre d'appareils.

En 1888-1889, M. Detry, directeur de la Glacerie d'Auvelais, installa des plateformes à polir construites par M. Malevez, qui donnèrent bientôt les meilleurs résultats, et qui se répandirent rapidement en Belgique, en France, en Allemagne, en Italie, en Angleterre. etc.

(1) C'est à deux contremaîtres, les frères Charles et Denis Margot et à la persévérance de M. Monseu, directeur de cette usine qu'on doit la réalisation de ce progrès.

Pour obtenir un bon polissage, il faut un excellent savonnage à la plateforme et par la suite, une manœuvre facile des tables, pour les amener du doucé aux appareils de polissage.

Pour arriver à ce résultat et rendre les tables transportables, on a dû les pourvoir de roues montées sur essieux et rendre facile leur séparation d'avec l'arbre vertical sur lequel elles sont maintenues en suspension et qui les entraîne dans un mouvement de rotation pendant le travail du douci et du poli.

Pour dégager la table plateforme de son arbre vertical on a employé d'abord des moyens mécaniques différents qui n'ont pas donné de résultat satisfaisant, à cause de leur lenteur, du temps perdu et de la dégradation rapide des différents organes de ces mécanismes baignés constamment dans l'eau, le sable, l'émeri, etc.

M. Haut de Jeumont a rendu beaucoup plus faciles ces déplacements de la plateforme par l'application de la pression hydraulique ; la manœuvre à exécuter consiste dans la montée des tables pour les amener à la hauteur du point de travail et dégager les roues des rails qui les ont amenées et aussi dans la descente des tables qui viennent reposer leurs roues sur les rails qui les supportent.

Ces tables qui abandonnent leur arbre vertical sont amenées et dirigées sous l'appareil à polir à l'aide d'un transbordeur, mû par l'électricité et d'une petite locomotive électrique à courants continus. Aux glaceries Néerlandaises, à Sas de Gand, on a appliqué les courants triphasés.

Par l'application de la pression hydraulique et de l'électricité on a obtenu les avantages suivants :

1° En raison de la rapidité et de la facilité des manœuvres on peut employer des plateformes de 8, de 9 et même 10 m et obtenir ainsi une production beaucoup plus considérable.

2° On supprime l'usure des anciens appareils de levage.

3° On réduit la main-d'œuvre, les manœuvres étant obtenues par des moyens automatiques et sans le secours d'aucun aide, autre que celui qui conduit l'appareil.

4° On arrive à faire les manœuvres de table dans un délai de temps évalué au cinquième de celui de jadis.

L'appareil à polir Malevez est construit sur le même principe que celui de l'appareil à rotation d'origine allemande dont nous avons parlé précédemment, seulement au lieu d'une table rectangulaire, c'est une plateforme circulaire ; quant aux polissoirs ils sont supportés par un

grand châssis reposant sur six manivelles, dont quatre motrices et deux conductrices. La table ne reçoit aucun mouvement de la machine motrice, elle tourne lentement par la friction des polissoirs qui reçoivent par les châssis et les manivelles motrices un mouvement de rotation.

Dans l'appareil à polir de M. Haut, la table reçoit un mouvement de rotation du moteur, les polissoirs reposent sur des branches ou rayons fixés à deux ou trois arbres verticaux, ici les polissoirs tournent par la friction de la plateforme, les arbres verticaux ne recevant aucun mouvement de la machine motrice.

Dans l'appareil à polir de la Compagnie de Saint-Gobain qu'elle a appliqué à son usine de Franière en Belgique, les polissoirs sont fixés sur un châssis en fer de forme circulaire qui est excentrique à la plateforme, celle-ci reçoit un mouvement de rotation du moteur. Les polissoirs reposent de tout leur poids sur la plateforme qui leur imprime le mouvement de rotation.

Tous ces appareils fonctionnent bien et polissent le verre en deux ou trois heures selon la perfection du savonnage.

Les glaces sont scellées à l'état brut, avant le doucissage, sur les plateformes à l'aide du plâtre ; quand elles sont polies, on les retourne sur un tissu ou molleton d'une épaisseur uniforme, le côté poli placé sur le tissu, la surface polie représente un plan parfait qui est celui de la plateforme. La partie supérieure est brute, il faut la doucir et la polir comme la première face, qui est solidement maintenue sur le tissu mouillé. On empêche tout mouvement des glaces à l'aide de coins et en coulant du plâtre dans les joints.

Les polissoirs sont garnis de feutres qui, à l'état neuf, ont 2 cm d'épaisseur et comme matières polissante, on emploie de la potée, qui est un oxyde ferrique rouge, appelé aussi Colcothar, c'est le caput mortuam des anciens alchimistes.

Les glaces étant polies sont descellées soigneusement et lavées avec de l'eau additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique ; on leur donne à la main un léger coup de polissoir avec un peu de potée et enfin essuyées avant de passer au cabinet de visite.

Les glaces sont estimées suivant leur qualité ou leur choix, les glaces destinées à la miroiterie sont visitées soigneusement dans un cabinet noir : les griffes, filandres ou filasses, les parties insuffisamment polies sont signalées par des marques au savon dur et raccommodées à la main avec des polissoirs et de la potée, ou bien le raccommodage s'effectue avec de petits appareils spéciaux appelés bancs à raccommoder, dont le prin-

cipe est le même que celui des anciens appareils à rotation. C'est une simple bielle d'accouplement à deux manivelles, sur laquelle sont fixés des polissoirs reposant sur une table à va-et-vient.

Signalons comme types d'appareils de ce genre, celui de M. Monseu, qui est construit par M. Morlet à Bruxelles, l'appareil de M. Malevez de Namur, etc., qui ont reçu de nombreuses applications en Belgique et en Hollande ; en Allemagne, ceux de M. Offenbacher en Bavière qui sont analogues aux appareils belges.

Signalons encore le polissoir électrique ; sur un petit axe est fixé un polissoir, cet axe par une courroie et deux poulies reçoit le mouvement d'un petit moteur électrique d'un demi-cheval, tout le système repose sur un châssis en fer, monté sur des roues garnies en caoutchouc et que l'on peut promener à côté ou même sur les glaces qu'il s'agit de raccommoder.

Dans les appareils à polir à rotation, les glaces étaient scellées sur les tables à l'aide d'un outil appelé : *appareil à sceller* et qui avait pour but de disposer jointivement sur une table à polir une certaine quantité de glaces savonnées d'épaisseurs différentes ou égales, de façon à obtenir sur la face à polir une seule et même surface plane.

L'appareil usité autrefois en Belgique se composait d'un châssis mobile dans lequel était enchâssées plusieurs glaces épaisses savonnées et mates formant une surface unie parfaitement plane.

Ce châssis à glace, qui peut équilibrer par des chaînes se meut avec des câbles en fer et des treuils, comme un couvercle à charnière ; il s'ouvre pour recevoir les glaces à sceller et se referme pour les déposer sur une table à polir.

Les glaces qui sont seulement appliquées sur le châssis mobile avec de l'eau, les joints étant simplement bouchés et garnis avec du plâtre, peuvent s'échapper et tomber parfois sur les ouvriers scelleurs. Cet inconvénient arrive rarement quand le travail est fait avec soin. C'est pour parer à ce danger et pour arriver au scellage mécanique des grandes glaces, que l'appareil allemand a été conçu.

Il se compose d'une charpente de 5 m de hauteur portant un arbre horizontal en fer ; un cabestan imprime un mouvement de rotation à cet arbre qui, par l'enroulement de deux chaînes, fait monter ou descendre à volonté deux forts disques en fonte ; ceux-ci sont percés chacun de six trous dans lesquels on enfonce les broches attachées aux extrémités des tables à polir.

Dans cette position, l'appareil permet d'élever ou d'abaisser ensemble un couple de tables à polir entre lesquelles se trouvent intercalées des glaces à sceller ; au moment où ces deux tables sont élevées, on leur imprime un mouvement de rotation en sorte que celle du dessous revient au-dessus ; les glaces posées sur la première table se trouvant sur la seconde et s'y scellant par le moyen d'une couche de plâtre versée d'avance ; on redescend les deux tables, on enlève celle qui était primitivement en dessous et l'autre va au poli avec ses glaces scellées.

On conçoit que les glaces emprisonnées pendant le mouvement de rotation entre les deux tables ne peuvent plus s'échapper.

Un appareil analogue et bâti sur le même principe sert actuellement au retournement des grandes glaces. Sous le rapport de la casse, cet appareil est excellent, les manœuvres peuvent se faire par un moteur à vapeur ou plus simplement par un petit moteur électrique.

Construit dans ces conditions, cet appareil permet de sceller plus de 5.000 m par mois.

En 1869-1870, M. Brasseur, directeur de la glacerie de Roux, avait appliqué un appareil analogue pour le scellage des glaces sur les plateformes à polir.

Par le travail mécanique, les glaces perdent un tiers de leur épaisseur et par conséquent de leur poids. Une glacerie produisant 100.000 m² de glaces annuellement, soit 3.000.000 kg. de verre, perd 1.000.000 kg. de verre, c'est-à-dire une énorme quantité de matières premières, de combustible, de main-d'œuvre par suite de la nécessité d'obtenir des surfaces planes. Actuellement ce verre passe dans les boues du doucissage et forme des amas encombrants, qui nécessitent de nouvelles dépenses pour les enlever. On voit donc tout l'intérêt qui s'attache à l'obtention immédiate d'une glace bien plane afin de diminuer le plus possible le dressage des glaces au douci.

A la suite de ces perfectionnements considérables apportés dans la partie mécanique de la fabrication des glaces, perfectionnements qui amenèrent une production et un rendement plus considérable, par suite d'un travail plus rapide, il convient d'ajouter les perfectionnements apportés également au biseautage et à l'ornementation des glaces.

Biseautage des glaces.

La taille des cristaux connue depuis de longues années par ses appli-

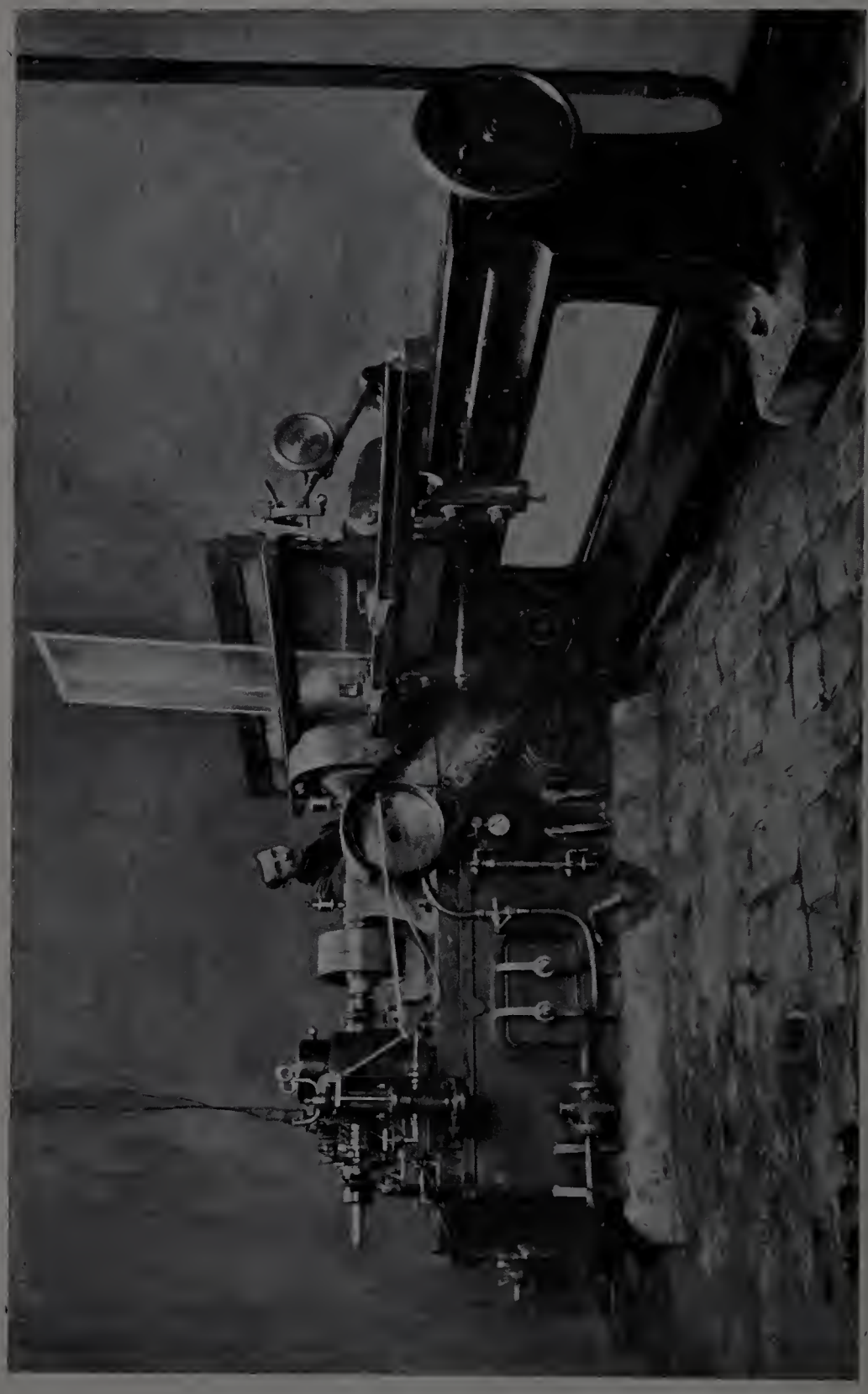


Fig. 28. — Machine à biseauter les glaces, système Johannet.

cations aux lustres et aux articles de verrerie devait amener le biseau-

tage des glaces le jour où celles-ci arriveraient à une fabrication industrielle.

Les procédés se sont perfectionnés au fur et à mesure de l'importance du débouché créant la concurrence et amenant la réduction des prix.

C'est ainsi que nous voyons les premiers biseauteurs « à la main » agissant sur la glace au moyen de grès tamisés, d'émeris d'abord à la tringle, puis au plateau, pour les grandes longueurs.

Les débouchés augmentant, il devint logique de faire agir une machine sur le plateau qui fut ainsi transformé en meule sur laquelle la glace vient frotter dans un mouvement de va-et-vient continuel.

Les meules employées sont en fonte avec grès pour l'opération de dégrossissage ou ébauche, puis en grès dur pour le finissage ou savonnage L'opération se termine par un polissage au feutre avec rouge à polir. Cette dernière opération qui se faisait autrefois à la main s'exécute aussi mécaniquement.

Les machines employées dans l'opération du biseautage proprement dit sont verticales ou horizontates suivant la position occupée par la glace.

La meule est mue au moyen d'une courroie et la glace disposée sur un pupitre, ou sur une table, reçoit un mouvement alternatif, soit à la main, soit au moteur.

Dans tous les cas, la main de l'ouvrier est obligée d'intervenir pour corriger les inégalités de largeur de biseau, provenant des défauts de planimétrie des glaces.

L'ouvrier augmente alors la pression aux endroits, où par suite de défauts d'épaisseur, le biseau tendrait à devenir trop étroit.

Dans toutes ces machines, la meule travaille en lapidaire, c'est-à-dire sur un des plans perpendiculaires à son axe. Dans le but de diminuer la main-d'œuvre il a été créé d'autres machines dans lesquelles la meule travaille sur sa partie cylindrique. On la prend alors de grand diamètre pour diminuer le creux formé au biseau.

La main-d'œuvre est réduite grâce à ce que la glace se présente successivement sur des meules à ébaucher, puis à doucir, sans qu'il y ait besoin de la régler à nouveau pour un changement de machine.

Comme les autres industries, celle du biseautage devait profiter de la divulgation des procédés scientifiques appliqués au travail mécanique.

Nous avons vu apparaître ces dernières années une machine basée sur des données complètement nouvelles.

La *machine Johannet* comporte un pupitre d'une rigidité absolue sur lequel la glace est réglée avec des micromètres donnant le 1/100 de millimètre ; un mouvement de translation la fait avancer devant une meule en matière très dure qui abat toutes les parties de glace se présentant en saillie sur la meule.

Cette machine offre les avantages suivants sur les précédentes :

La glace ne passe qu'une fois devant la meule qui fournit le biseau prêt à polir. La rapidité d'exécution est telle qu'un seul homme peut conduire deux machines et produire de 110 à 120 m de biseau droit en dix heures. Enfin l'absence de grès supprime les accrocs et rend les raccommodages ultérieurs complètement négligeables.

Une usine se monte en ce moment à Paris pour l'exploitation de ces machines et nous croyons savoir que le seul reproche à faire à cette machine est de mettre trop en évidence les défauts de planimétrie des glaces.

On ne saurait donc trop en recommander l'emploi, puisqu'elle peut nous faire espérer de la part des glaceries un redoublement de zèle à apporter dans les perfectionnements et la qualité de leurs produits.

Dans cette étude de la verrerie au XIXe siècle nous croyons devoir signaler les applications mécaniques de l'électricité, qui se substitue de plus en plus aux autres modes de distribution de force.

La distribution de force par l'électricité est en effet la plus pratique et la plus élégante solution du transport de la force d'un point à un autre, c'est celle dont le rendement est en général le plus élevé.

Toute installation électrique se compose toujours : d'appareils générateurs, de la canalisation et des appareils d'utilisation, lampes ou électromoteurs.

L'énergie dynamique nécessaire à la production de l'électricité peut être fournie par un moteur quelconque, hydraulique, à vapeur ou à gaz. Le rendement industriel des dynamos génératrices varie de 85 à 90 0/0 selon la puissance de ces machines, le rendement augmentant avec la puissance. L'énergie électrique produite est amenée par des câbles conducteurs isolés, à un tableau de distribution sur lequel sont les appareils de mesure, ampèremètres et voltmètres, des interrupteurs desservant les divers circuits, sur chacun des circuits existe au moins un appareil de sécurité, dit « coupe circuit » destiné à empêcher un échauffement dangereux des fils de ce circuit.

Du tableau de distribution partent les fils reliés aux appareils d'utilisation, lampes ou électromoteurs.

C'est surtout dans les glaceries que les applications de l'électricité sont les plus nombreuses et les plus intéressantes, c'est là en effet que les installations mécaniques sont les plus importantes.

Les puissantes machines à vapeur de 1200 à 1500 chevaux-vapeur installées pour commander les appareils de doucissage et de polissage, actionnent aussi les dynamos génératrices pour la distribution de l'énergie électrique.

Dans l'atelier de douci-poli, les chariots transbordeurs des tables sont mus électriquement, le courant arrive à l'électromoteur, soit par une canalisation électrique aérienne ou souterraine, la prise de courant se fait comme pour les tramways électriques, dans le premier cas par des trolleys, dans le second par des frotteurs.

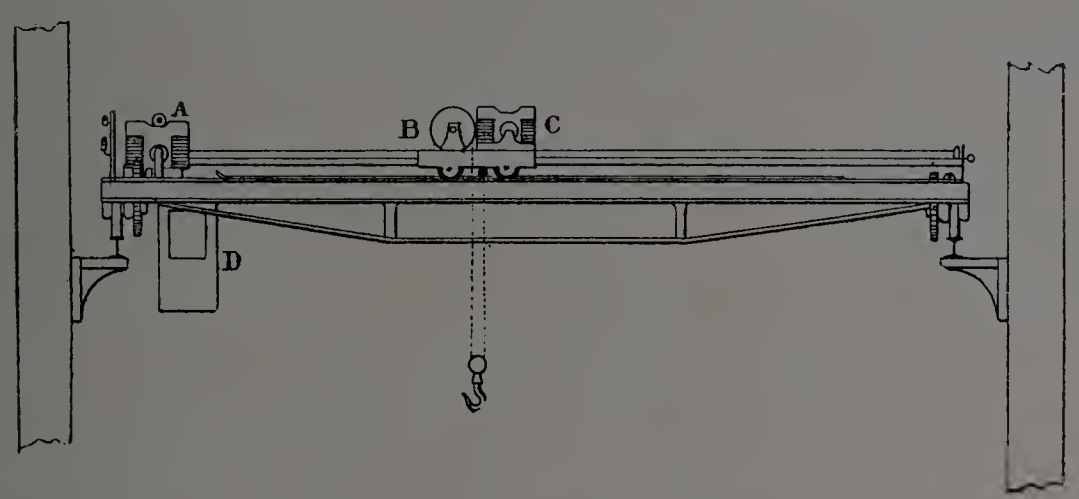


Fig. 29. — Pont roulant électrique.

Les cabestans installés dans ce même atelier, sont aussi commandés électriquement. La mise en mouvement du cabestan se fait à l'aide d'une pédale actionnant la manette du rhéostat de mise en marche.

Dans les halles de coulée et dans les équarris, des ponts roulants électriques (fig. 29) permettent d'effectuer rapidement et avec sûreté toutes les opérations de la coulée ou de la manœuvre des glaces. En général chaque pont roulant est pourvu de deux électromoteurs, l'un A sert au déplacement du pont, le second C est uniquement employé au déplacement du treuil B et à la levée de la charge. Toutes les manœuvres se font à l'aide de rhéostats placés dans la cabine D sous la main du mécanicien qui surveille facilement de son poste toutes les opérations.

Pour le roulage et le poussage des glaces, ainsi que pour la manœuvre des tables de coulée, on a créé un appareil spécial répondant à tous les désidérata, c'est le *chariot-utile* électrique. Ce chariot est automoteur

de même que le pont roulant électrique, les fig. 30 et 31 permettent de voir comment se font les diverses manœuvres ; le chariot-utile se place entre la table de coulée et la carcaise. Pour le déplacement de la table de coulée, deux chariots-utiles se placent aux deux extrémités de la table.

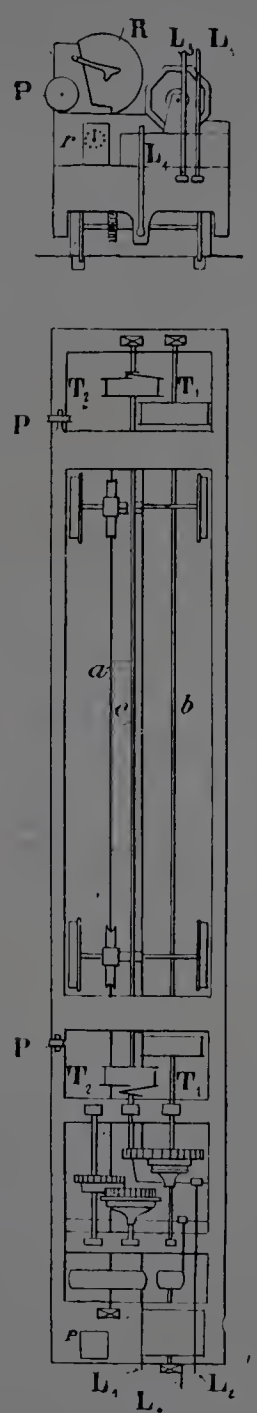


Fig. 30 et 31.

M est un électromoteur Shunt de 4 chevaux (vitesse angulaire 700 tours).

r rhéostat de démarrage, à renversement de marche.

a arbre commandé directement par une courroie (vitesse angulaire 233 tours) ; sur cet arbre sont montées des vis sans fin attaquant des poulies montées sur les essieux du chariot.

L¹ Levier commandant l'embrayage des essieux.

Le sens de marche est donné par le rhéostat.

T′ T′ tambours pour le roulage (diamètre 450 mm, vitesse angulaire de l'arbre *b* 9 tours 6).

P, P Poulies de renvoi sur lesquelles passe la chaîne de tambours T′ T au rouleau.

L² Levier commandant l'embrayage de l'arbre *b*.

T² T² tambours pour le poussage (diamètre 370 mm, vitesse angulaire de l'arbre *c* 48 tours.) Comme le montre la vue en plan, ces tambours ont été faits de manière à ce qu'au début du poussage, la vitesse linéaire est très faible ; elle va en croissant pendant un à deux tours, elle est alors à sa valeur normale.

R rouleau.

C crochet maintenant le rouleau.

En plus de ces applications, l'électricité est aussi employée à la commande de treuils, de monte-charges, des machines-outils des ateliers mécaniques, des meules, mélangeuses et malaxeurs des ateliers de poterie, des ventilateurs, des pompes, etc.

Certaines glaceries possèdent un monte-charges électrique de 6 à 10 tonnes pour élever les wagons chargés de glaces.

Nous avons vu dernièrement dans une glacerie belge un ingénieux appareil mû électriquement et destiné à raccommoder le poli des glaces, appareil imaginé et appliqué par M. A. Droit.

L'argenture des glaces.

Au siècle dernier, on *étamait* les glaces, le verre à vitre poli, ou plutôt les petites glaces minces de Bohême.

L'étamage ayant été considéré comme insalubre pour les ouvriers, on a remplacé ce procédé par l'argenture des glaces à froid, même à la température de 50 à 60° suivant le cas. Ces procédés d'argenture étant connus, nous n'insisterons pas sur cette application.

Platinage des glaces.

La résistance du platine aux agents atmosphériques permet de supprimer dans les miroirs platinés la couche de peinture préservatrice et leur laisse ainsi une certaine transparence, propriété qui peut être utilisée dans certains cas.

Dans le principe; l'invention de Dodé consistait à répandre à l'aide d'un pinceau sur la glace à platiner une couche légèrement sirupeuse de chlorure de platine tenue en suspension dans une essence, (essence de lavande) puis, après dessiccation, on passait au four à recuire. Le platine reste ainsi adhérent à la surface du verre. En répétant plusieurs fois l'opération on accentue l'épaisseur de la couche réfléchissante.

En modifiant le procédé de platinage adopté, la Société de Saint-Gobain lui assure, dit-on, une régularité suffisante pour pouvoir platiner des glaces de $2^m,50 \times 2^m,20$.

L'emploi de ce verre platiné qui permet de voir à travers la glace, facilite l'éclairage et la surveillance de certains locaux.

Comme moyen de décoration on a aussi déposé sur le verre du chlorure d'or; les effets obtenus ont donné une satisfaction relative pour certains usages.

Bombage des glaces.

On emploie fort peu en France les *glaces bombées* pour le vitrage des maisons et des magasins. En Angleterre, en Hollande, en Allemagne, les applications de très grandes glaces bombées sont au contraire fréquentes et apportent aux architectes un élément de décoration très apprécié.

Il existe à Paris des bombeurs habiles, mais aucun n'est outillé pour bomber de grandes surfaces, et leur méthode de travail est coûteuse.

La France était donc tributaire de l'Etranger à cet égard. La Société de Saint-Gobain a comblé cette lacune.

A cet effet, elle a construit un appareil à bomber les grandes glaces sur sole, sans moule, et par conséquent économique. Des dispositifs spéciaux permettent d'éviter le brûlage ou l'altération du poli des glaces, écueil si connu des bombeurs. Les deux glaces bombées de la classe 73 à l'Exposition universelle de 1900 ont été obtenues ainsi, la grande coupole de 2 m de diamètre et 25 mm d'épaisseur placée sur la terrasse a été bombée à Chauny, après que sa fabrication eût été refusée par les bombeurs français et étrangers.

CHAPITRE II

LES PRODUITS COULÉS ET MOULÉS

Dalles moulées et à reliefs.

On peut reproduire en verre toutes sortes de dessins ; c'est ainsi qu'ont été créés des modèles spéciaux pour les Magasins du Bon Marché, du Printemps, le Comptoir d'Escompte, l'Hôtel de Ville, la Compagnie Transatlantique, rue Auber, les Palais des Champs-Elysées etc.

Mais la dalle quadrillée offre le type le plus courant de ce genre de pièces. La division au diamant en est facile suivant les multiples des carrés qui les composent, la surface se nettoie aisément par un simple balayage, grâce à la direction rectiligne des cannelures, ce qui est important pour le passage de la lumière.

On peut obtenir à bref délai, des dalles quadrillées carrées ou rectangulaires, dont les dimensions peuvent varier suivant deux échelles : soit de 3 cm en 3 cm, soit de 4 cm en 4 cm, jusqu'à $0^{m},60$ de côté. Ces dimensions ont été reconnues les plus avantageuses dans la pratique.

L'épaisseur de ces dalles varie de 20 à 40 mm, et le poids du mètre carré varie de 50 à 100 kg., à raison de $2^{kg},1/2$ environ par mètre carré et par millimètre d'épaisseur. Pour ces dalles, comme pour les dalles unies, l'épaisseur la plus convenable est de :

20 à 30 mm pour les planchers d'habitations ordinaires ;

0 à 40 mm pour les dallages de lieux de réunion, banques, gares, monuments publics, etc., etc.

Dans le calcul des charges à faire supporter à la flexion, au verre convenablement recuit on peut compter comme coefficient à la rupture R = 250 kg. par centimètre carré de section.

La Compagnie de Saint-Gobain avait exécuté à l'Exposition le dallage au-dessus des voies de la gare de l'Ouest à l'esplanade des Invalides. C'est à beaucoup près le travail de ce genre le plus important exécuté jusqu'à ce jour.

Emploi des verres coulés pour la construction des serres.

Les droits protégeant la culture forcée des primeurs ont eu pour conséquence de créer en France une nouvelle industrie, pour laquelle conviennent parfaitement les verres coulés plus épais et par conséquent plus résistants aux intempéries, et retenant davantage la chaleur interne des serres dans lesquelles on pratique ces cultures, ces verres sont obtenus en puisant le verre dans un bassin chauffé par le gaz, à l'aide

Fig. 32. — Four et fabrication de la glacerie de Jeumont.

d'une poche métallique (fig. 32) et le versant sur une table métallique unie ou portant un dessin en creux, et le laminant par un cylindre uni.

Un préjugé condamnait jusqu'ici l'emploi de ces verres épais, sous prétexte que les rayons lumineux ne traversaient pas ces verres aussi

facilement que le verre à vitres plus mince. C'était là un simple préjugé, et les essais que nous avons faits à ce sujet, montrent que notre assertion est exacte.

Il faut ajouter que ces verres coulés, à épaisseur égale, sont moins colorés que le verre à vitres, et que, s'ils sont à peu près semblables, à l'aspect, comme coloration, cela est dû à leur épaisseur plus forte que celle du verre à vitres, c'est-à-dire du verre soufflé.

Nous croyons devoir donner ici un tableau qui sera utile aux constructeurs.

	DILATATION	ÉLASTICITÉ						
	Coefficient de dilatation linéaire pour un degré et pour les températures comprises entre 0 et 100°	Coefficient d'élasticité	Charge à la limite d'élasticité kg par cm²		Charge ou Coefficient de rupture kg par cm²			
			Traction	Compression	Traction	Compression	Cisaillement	Flexion
Verre Saint-Gobain	0.0000089	800.000	»	»	»	1700	»	250
Cristal français	0.0000.87	»	»	»	»	»	»	»
Fer	0.0000118	2.000.000	1640	1650	3800	3000	2900	4800
Fonte	0.0000107	1.000.000	600	1600	1300	7800	»	2900
Acier moyen	0.0000110	2.200.000	3400	3400	5500	6700	4600	7200
Cuivre rouge	0.0000185	1 160.000	300	»	2300	5700	»	2400
Laiton	0.0000180	1.000.000	400	»	1250	9000	»	1450
Bronze	0.0000185	690.000	400	»	2300	»	»	»

En ce qui concerne l'élasticité, le tableau ci-dessous donne les limites de charge à compression admissibles dans la construction.

	kg par cm²
Verre	75 kg.
Tôle de fer	750 »
Fonte	500 »
Acier fondu	300 »

Il est commode de pouvoir se rendre compte exactement de l'épaisseur qu'il convient de donner aux feuilles de verre, pour un écartement déterminé des fers à vitrage, ou inversement de déterminer la largeur maxima à donner aux feuilles lorsque l'on connaît leur épaisseur.

Le tableau ci-après fournit ces renseignements, basés sur le 1/10 environ de la charge de rupture.

Épaisseur.	Poids par mètre carré.	Largeur maxima multiple de 3 cm	Épaisseur.	Poids par mètre carré.	Largeur maxima multiple de 3 cm.
3 mm	7k,9	0m,33	6 mm	15k,0	0m,60
4 »	10 ,0	0 ,42	7 »	17 ,5	0 ,66
5 »	12 ,5	0 ,54	8 »	20 ,0	0 ,72

Briques de verre. — Depuis quelques années on fait usage pour la

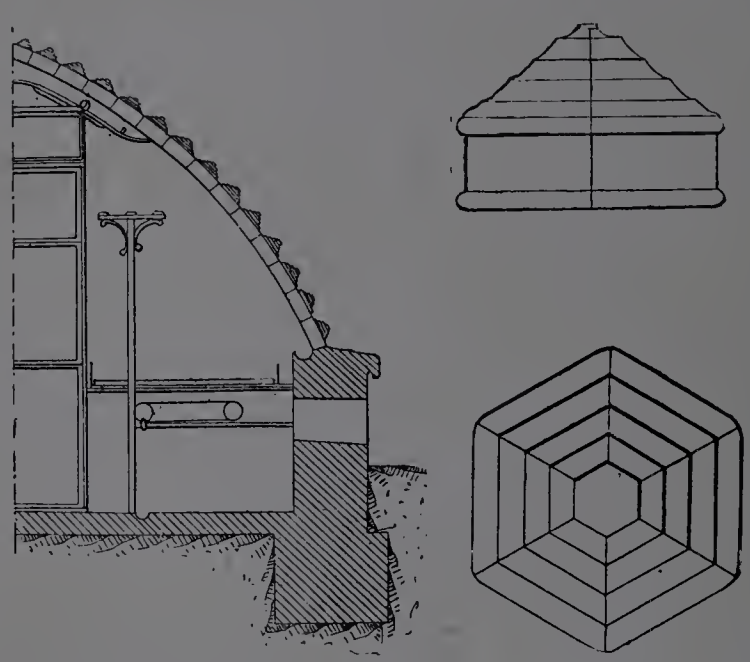


Fig. 33. — Briques creuses en verre (système Falconnet.

couverture des serres, de briques creuses en verre (fig. 33). L'air renfermé entre les parois de la brique empêche les déperditions de chaleur. L'emploi de ces briques correspond à l'emploi d'un double vitrage.

On peut les employer de diverses couleurs, et alors on obtient pour les jardins d'hiver, pour les serres attenant aux appartements, des avantages réels et nouveaux si on compare l'emploi de ces briques à celui des verres peints ordinaires.

Ces pièces de verre sont fabriquées en France à la verrerie de Dorignies (Nord).

Cheminées en verre.

Nous avons les voitures en carton, les tours en fer, voire même les maisons de verre, mais il manquait les cheminées du même genre.

Nous les avons.

Les établissements Arbel possèdent, nous dit-on, de colossales cheminées en verre.

Ces cheminées sont plus légères, coûtent moins cher et cela permet d'utiliser un sous-produit industriel sans valeur jusqu'ici. Triple avantage.

Cette matière, qu'on n'avait pu encore utiliser qu'imparfaitement, est le laitier; ce résidu qui s'écoule continuellement des hauts fourneaux a l'aspect de verre noir d'une qualité vitreuse imparfaite.

On coule le laitier sous forme de blocs qui seront reliés par un mortier de ciment de composition spéciale, ce qui permettra de se passer des chaînes et cercles de fer, nécessaires pour les cheminées en briques.

Verre armé.

L'idée d'insérer dans l'épaisseur des feuilles de verre coulé un réseau métallique afin d'empêcher les fragments de se séparer en cas de rupture, appartient croyons-nous à Bécoulet, négociant en verres à vitres, à Paris, qui provoqua quelques essais à Jeumont.

Mais le procédé industriel de fabrication du verre grillagé, métallifié ou armé nous vient d'Amérique et plusieurs licences en furent vendues en Europe.

La fabrication se fait généralement soit en introduisant le réseau dans le verre encore chaud au moyen d'un outil approprié, soit en coulant *successivement* deux épaisseurs de verre superposées contre lesquelles on a placé le réseau.

M. Léon Appert a imaginé un procédé différent qui consiste à couler *simultanément* les deux couches de verre, le réseau venant se placer à mesure entre elles.

On obtient ainsi une soudure plus complète des couches et le réseau se trouve bien au milieu de la feuille qui peut avoir de grandes dimensions. La Compagnie de Saint-Gobain a acquis le procédé de M. L. Appert pour l'Europe.

L'emploi judicieux d'un métal spécial et d'un réseau aussi fin que possible, convenablement construit, paraît devoir faire disparaître ou du moins atténuer, dans une forte mesure, les inconvénients inhérents au verre armé. En tout cas, l'emploi de ce verre dans les locaux exposés aux dangers d'incendie est fort utile, puisque les fragments de verre en restant en place empêchent la production de courants d'air dangereux ou la propagation des flammes.

Le verre treillagé entre maintenant dans la pratique industrielle.

Moulage méthodique Appert.

Les remarquables procédés de moulage méthodique du verre, inventés par M. Léon Appert, sont exploités exclusivement en Europe par la Compagnie de Saint-Gobain, pour fabriquer des tuyaux de grand diamètre, des colonnes (Palais lumineux) et des récipients cylindriques ou rectangulaires de grande capacité.

L'emploi des grands tuyaux n'est pas encore entré dans la pratique courante des constructeurs, pour des raisons diverses, mais il n'en est pas de même de celui des récipients, de plus en plus appréciés par les consommateurs. Il y a là une ressource nouvelle qui recule les limites imposées à l'emploi du verre par la méthode du soufflage.

CHAPITRE III

VERRE A VITRE

Les premières verreries à vitres ont été installées en France au XIe siècle ; elles produisaient le verre par le procédé dit « des plateaux. »

Cette fabrication fut remplacée par la fabrication « en cylindres », importée en France par des ouvriers tchèques amenés par l'officier français Drolinvaux, qui établit au XVIIIe siècle une verrerie dans les Vosges, à Saint-Quirin.

M. Bivort, maître de verrerie à Jumet (Belgique), a introduit le premier dans ses verreries le chauffage par le gaz. On chauffe également dans beaucoup de verreries les fours de recuisson, ou étenderies, par le gaz.

Cette fabrication aurait dû, depuis vingt ans, adopter les procédés de soufflage par l'air comprimé, tout au moins pour une grande partie du travail.

Les procédés suivants viendront peut être dans quelques années modifier la façon de faire actuelle.

Pour la recuisson, les étenderies Biévez ont remplacé les fours fixes.

L'irisation des verres a été sinon supprimée, au moins atténuée par l immersion des feuilles de verre dans un bain acidulé.

En Bohême, vers 1825, le verrier *Lippert* modifia avantageusement les formes à étendre les cylindres de verre à vitre ; la plaque à étendre qui était formée d'une feuille écrue, fut remplacée par une plaque de terre réfractaire. *Joseph Lequady* imagina pour la coupe de ce verre « La glasschneider. »

En Amérique, William Clarke, de Pittsburg, essaya de fabriquer le verre à vitre en le laminant dans des appareils inversibles. Ce procédé permet d'obtenir de plus grandes quantités de verre que dans le procédé en cylindres, pendant la même période de temps.

En Europe, en Amérique, les fours à cuves ont remplacé partout les fours à creusets pour la fabrication du verre à vitre, ce qui a eu pour conséquence de diminuer le prix de revient, le prix de vente, mais d'augmenter énormément la production, d'où une lutte entre les fabricants et diminution du bénéfice du fabricant.

En 1890, rendant compte de l'Exposition des verres à vitres, nous écrivions : « . . . L'industrie du verre à vitre subit une crise, par suite de la diminution des exportations en Amérique. Cette crise se fait principalement sentir en Belgique. En Amérique, le chauffage des fours par le gaz naturel a groupé les verreries dans le voisinage des endroits où ces gaz abondent et cela principalement dans le pays de Pittsburg.

Cette situation est encore identique, avec cette modification que les Américains négocient avec les verriers belges une entente pour ne pas abaisser les prix et pour réglementer la main-d'œuvre, devenant au besoin propriétaires de la plupart des verreries belges actuelles.

D'autre part, le Japon s'installe, embauche des ouvriers et se prépare à alimenter les pays d'Extrême-Orient, enlevant encore ce débouché important à la Belgique.

On n'est pas arrivé sans difficulté à la perfection actuelle dans la fabrication du verre à vitres ; ce produit nous représente le passé et le présent, mais l'avenir nous semble appartenir aux glaces minces, d'une planimétrie parfaite, et pour cela les moyens de fabrication du verre à vitre devant être modifiés, améliorés, il en sera de même de la fabrication des glaces minces ; lutte entre verre à vitre qui se défend, et la glace mince qui arrivera peu à peu à se substituer au verre à vitre, le progrès le veut ainsi. Nous entrevoyons une modification importante, radicale, dans la fabrication actuelle du verre à vitre. Le soufflage mécanique par le procédé *Siévert*.

La Belgique et la France, pays de forte production de verres à vitres étaient représentées en 1900 par :

L'*Association des verreries belges* représentant les trente verreries belges.

L'*Association des verreries à vitres du nord de la France* comprenant les treize verreries du département du Nord.

La France et la Belgique exportent leurs produits dans le monde entier.

La France exporte 40 0/0 de sa production, la Belgique exporte les 5/6 de sa production.

En Belgique, il y a en activité environ trente-six fours à bassin ; en France dix-sept fours à bassin ce qui représente, à 800 000 m² de production annuelle par four à bassin, une production totale annuelle de 42 400 000 m².

Les qualités des verres français et des verres belges sont identiques ; les emballages des verreries françaises quoiqu'étant en progrès sont encore inférieurs aux emballages des verreries belges. Les fours de fusion, les fours d'étendage et de recuisson sont semblables dans les deux pays. Cette uniformité dans les appareils explique l'uniformité de qualité et d'aspect des produits. Le rendement de l'ouvrier belge est supérieur à celui de l'ouvrier français, c'est là une cause importante d'infériorité dans le prix de revient pour les fabricants français.

Les fabricants français ne peuvent exporter les 40 0/0 de leur fabrication que grâce à leur groupement en association, celle-ci ayant pour but, grâce à leur « *caisse d'exportation* » d'indemniser les fabricants qui presque toujours vendent, à perte, leur excédent de production à l'étranger, rarement en faisant coïncider le prix de revient avec le prix de vente.

L'Association des verriers belges a été fondée pour que les fabricants s'entendent simplement sur leurs intérêts généraux ; on voit la différence qui existe entre les deux Associations.

On a été amené à fabriquer, dans le nord de la France, du verre non affiné, quelquefois même à peine fondu « calcin », cela dans des creusets percés à la partie inférieure d'un trou d'écoulement. Cette ouverture, fermée par un tampon métallique refroidi à l'aide d'un courant d'eau, permet de laisser couler le verre liquéfié et de le produire dans des conditions économiques satisfaisantes ; ce verre est ensuite vendu aux verriers, comme calcin, c'est-à-dire comme fondant.

Il nous a été permis de visiter récemment une nouvelle verrerie de verre à vitre, à Charleroi (Belgique). Cette verrerie construite pour M. Henri Lambert, d'après ses plans et sous sa direction, contient, croyons-nous, le plus grand four à cuve du continent. La construction économique et rationnelle de cette usine constitue à notre avis le type le plus perfectionné de la verrerie moderne.

Commerce français des Verres et Cristaux pendant les années 1901-1900-1899

	IMPORTATIONS						EXPORTATIONS					
	Commerce général — Quantités arrivées			Commerce Spécial — Quantités livrées à la consommation			Commerce Général — Marchandises françaises et étrangères exportées			Commerce Spécial — Marchandises françaises et étrangères exportées		
	1901	1900	1899	1901	1900	1899	1901	1900	1899	1901	1900	1899
Glaces ayant en superficie moins d'un demi-mètre carré.	2.381	2.584	3.012	2.117	2.449	2.903	4.641	5.140	4.964	4.376	5.003	4.867
Glaces ayant en superficie d'un demi-mètre carré à un mètre carré.	11.000	16.204	22.851	10.800	15.435	22.598	2.972	4.362	5.897	2.959	4.278	5.851
Glaces ayant en superficie un mètre carré ou plus :												
brutes	17.600	6.549	2.951	8.800	1.335	»	1.144	2.304	1.746	862	2.155	1.644
polies	19.500	21.919	40.352	11.800	18.728	24.328	61.087	40.168	53.076	60.345	39.835	52.320
étamées	1.200	2,584	4.197	200	2.368	2.001	3.105	1.898	1.883	2.990	1.889	1.736
Verres bruts coulés ou moulés pour isolateurs, toitures, etc.	3.418	4.705	2.625	3.215	4.357	2.482	16.191	11.567	7.293	15.988	11.219	7.150
Gobeletterie de verre ou de cristal :												
unie et moulée	33.387	32.639	33.086	28.779	28.063	26.386	140.894	126.583	134.841	136.285	122.009	128.142
taillée, gravée ou décorée	14.326	14.546	12.681	13.158	13.180	11.835	15.120	11.795	12.129	10.960	8.304	4.600
verres ou cheminées d'éclairage	30.972	30.370	27.864	30.829	30.227	27.669	2.339	2.538	2.313	2.196	2.402	2.117
Verres à vitres :												
ordinaires	28.717	38.047	53.978	20.487	26.208	35.492	199.796	137.943	151.940	191.627	126.104	133.381
de couleur ou légèrement teintés et verres ondés	614	945	607	459	882	530	1.865	1.032	1.349	1.710	969	1.260
Verres assemblés en vitraux	131	180	135	125	135	118	388	806	399	383	760	387
Verres de montre et de pendule	403	304	191	303	219	141	275	234	233	175	150	184
Verres de lunettes et d'optique	819	798	703	643	624	539	916	734	651	898	728	640
Vitrifications et émail en masses ou en tubes	2.586	2.625	2.708	2.580	2.612	2.713	3.713	3.571	3.027	3.708	3.555	3.020
Vitrifications en grains percés ou taillés, verre filé, boules, corail factice en verre, pierres à bijoux et breloques	18.989	20.122	19.041	15.465	16.870	16.458	8.034	7.992	5.313	4.252	4.849	2.829
Fleurs, ornements et couronnes en vitrification ou porcelaine	1.153	1.288	836	990	1.050	802	5.568	4.458	5.023	5.396	4.184	4.986
Bouteilles pleines	38 738	43.357	37.959	33.686	39.402	33.971	596.465	602.386	557.755	591.406	598.224	553.884
— vides	47.313	49.691	38.720	46.765	46.854	37.058	211.067	220.503	199.542	209 515	217.644	197.875
Groisil ou verre cassé	65.751	48.288	45.097	65.754	48.288	45.097	12.020	10.441	9.072	12.020	10.433	9.072
Lampes électriques à incandescence	256	303	304	150	243	253	2.229	1.583	961	2.179	1.528	911
Objets en verre non dénommés	3.369	3.509	3 485	2.546	2.822	2.382	36.497	61.269	64.358	35.671	60.580	63.243

CHAPITRE IV

VERRES PERFORÉS — VERRES IMPRIMÉS

Plaques de ventilation des wagons de 1re classe.

L'emploi du verre s'étend de plus en plus, et nombreux sont les objets, même d'usage domestique, qu'on fabrique maintenant en verre.

C'est ainsi qu'on fait des pièces moulées de grandes dimensions pour tables, guéridons, dessous de plats, encriers, qui, par la facilité que présente le verre de donner au moulage des dessins fins et variés, permet d'obtenir des pièces très décoratives à très bas prix.

Sous ce rapport, il y a là un grand progrès accompli, dont profitera l'art de l'ingénieur, au point de vue de l'extension des emplois du verre dans les constructions.

Nous terminerons ce chapitre en disant quelques mots d'une application nouvelle du verre. La Compagnie des chemins de fer du Nord a imaginé de remplacer les ventilateurs en bois des voitures de 1re et de 2e classes par deux plaques de verre ajourées et superposées.

Par leur glissement facile et leur transparence, les nouveaux ventilateurs améliorent les conditions d'hygiène dans lesquelles sont placés les voyageurs, en assurant l'efficacité de la ventilation et en permettant à la lumière de se répandre plus abondamment.

Verre perforé.

M. Emile Trélat a pensé que des vitres qui, en même temps qu'elles laisseraient passer la lumière pourraient distribuer l'air nécessaire à la ventilation dans un état de division et d'épanouissement suffisant, seraient préférables aux appareils de ventilation très imparfaits employés généralement dans les endroits publics, les hôpitaux, etc., puisque, par suite de leur transparence même et des nettoyages obligés auxquels on doit les soumettre, elles seraient dans les meilleures conditions pour assurer leur bon fonctionnement et leur efficacité.

M. Charles Herscher, ingénieur-constructeur, se faisant l'écho des desiderata de M. Emile Trélat, s'est chargé de leur exécution et s'est adressé à MM. Appert, pour leur fabrication.

MM. Appert ont pensé à faire les trous dans le verre en même temps que la feuille de verre elle-même, et en opérant par coulage et moulage.

Pour faire cela, on verse le verre liquide sur une table en métal garnie de saillies ayant la forme et l'espacement des trous que l'on veut obtenir ; on exerce sur ce flot de verre une pression suffisante pour l'amener à l'épaisseur voulue, déterminée par des règles de la hauteur nécessaire.

La pression peut être obtenue par un rouleau ou par une presse à mouler le verre, employée communément en verrerie.

La pression a laquelle ces verres sont soumis pendant la fabrication est de 50 kg. par centimètre carré.

Au moment du moulage, les saillies qui doivent former les trous sont submergées par le verre liquide qui y a été versé ; aussi, une fois le moulage terminé, les saillies du moule sont-elles recouvertes d'une mince couche de verre qui bouche les trous sur une de ses faces.

Cette couche de verre, dont on détermine l'épaisseur par la saillie des petits troncs de cône de la table, a une épaisseur d'un cinquième de millimètre environ et on peut en opérer le débouchage de plusieurs façons, soit au jet de sable, soit en la rongeant par l'acide fluorhydrique, soit par un foret tournant avec rapidité.

Ce dernier moyen est le plus expéditif : avec un foret de section hexagonale tournant avec une vitesse de 750 tours par minute, une ouvrière peut déboucher 2 000 à 2 400 trous à l'heure.

Cet ensemble de procédés a permis de diminuer les frais de fabrication de ce verre et de le livrer au commerce à un prix suffisamment réduit pour en permettre l'emploi d'une façon très générale.

Ce verre peut être poli sur une ou deux faces par un procédé analogue à celui employé pour le polissage des glaces.

Dans les locaux où une ventilation permanente serait gênante, on met derrière le verre perforé un vasistas à charnière muni d'un verre plein, qu'on ferme à volonté.

Un petit dispositif très simple imaginé par MM. Genest et Herscher permet, au moyen d'une tringle coudée, de fermer ou d'ouvrir ce châssis avec la plus grande facilité.

On peut encore superposer deux feuilles de verre perforé, et, par un faible mouvement de translation de l'une d'elles, égal au diamètre d'un trou, faire coïncider les trous des deux feuilles de verre, et produire la ventilation, qu'on interrompt par le mouvement contraire.

Ces verres sont employés pour la ventilation dans un grand nombre d'endroits tels que : hôpitaux, salles d'étude des lycées et écoles, ateliers de filature, cabinets d'aisances, écuries, etc.

Ce verre peut servir pour d'autres usages, tels que pour clore les ouvertures des garde-manger, pour les tablettes supportant les aliments en remplaçant avec avantage les toiles métalliques : les mouches en effet, ne peuvent passer par ces trous de 3 mm.

Il peut servir aussi pour des filtrations et des tamisages.

Une des grandes améliorations apportées à l'hygiène des habitations, il y a quelque trois cents ans, a été l'emploi du verre pour clore les fenêtres, permettant ainsi de faire entrer en abondance dans les pièces la lumière, cet agent d'oxydation par excellence ; l'emploi judicieux des *vitres perforées* en augmentera encore les bienfaits, puisqu'il donne la facilité d'y introduire simultanément ces deux éléments indispensables à l'existence humaine et à son entretien : l'*air* et la *lumière*.

Verre imprimé.

Certains fabricants anglais ont ajouté à la fabrication du verre mince coulé, une variété de verre dit « imprimé ». A la suite du rouleau lamineur, écrasant sur la table de fonte, la « masselotte » de verre, circule (attaché à l'aide du gros cylindre lamineur) un rouleau d'acier portant une gravure en creux ou en relief. Le creux de ce rouleau s'imprime dans le verre. MM. Chance ont imaginé de laminer le verre jeté entre deux cylindres — semblables à ceux d'un laminoir — dont l'un porte une gravure.

Ces verres sont d'un très joli effet et sont maintenant très répandus et donnent de multiples applications dans la construction moderne.

Le verre givré.

Le verre givré est ainsi désigné parce qu'il reproduit les dessins ramifiés que la gelée fait naître sur les vitres des appartements et que l'on nomme *fleurs de glace*.

Le procédé employé pour obtenir ce verre est des plus simples. Il consiste à enduire la surface du verre, préalablement dépoli au sable, d'une matière spéciale formant vernis, qui pénètre dans les cavités du verre dépoli. Les feuilles de verre ainsi enduites sont alors mises dans une étuve ou même simplement au soleil, en été ; sous l'influence de la chaleur, l'enduit se séchant et se contractant fortement, éclate en petites écailles, enlevant avec elles une très légère partie de la surface du verre.

A la place de chaque écaille, le dépoli se trouve enlevé et il se produit comme une petite cristallisation, par la cassure du verre ; ces différentes cristallisations ou cassures, se faisant dans tous les sens, forment un ensemble rappelant exactement l'effet des verres givrés par le froid.

Le dessin ainsi formé peut être très petit si la couche d'enduit a été mince, et le dessin de la cristallisation offre des formes d'autant plus grandes, dans une certaine limite cependant, que les couches d'enduit ont été plus nombreuses.

On peut aller jusqu'à six couches, et, à ce point, le verre se trouve presque dédoublé, si on a opéré sur du verre simple.

Ce même procédé peut être également employé pour les verres colorés : l'enduit en séchant, enlève l'émail coloré dont la couche est uniforme, et on trouve alors, dans ce verre givré, des colorations de demi-teintes d'un gracieux effet.

Les verres ainsi givrés, tout en permettant à la lumière de pénétrer, ne laissent rien voir par transparence.

L'application de cette invention est donc tout indiquée dans les vitraux mis en plomb, non d'une façon uniforme, mais en encadrement, petits panneaux, motifs réguliers, en même temps que les différents verres, peintures, etc., en usage chez les peintres verriers. On peut ainsi obtenir des effets nouveaux et agréables.

En dorant ou argentant ces verres givrés à la face opposée, on obtient l'apparence d'émaux de toutes couleurs, suivant les verres colorés employés.

Dans ces conditions ils peuvent être employés dans les décorations des plafonds, motifs placés dans les corniches, frises d'encadrement, chambranles, cadres de glaces, etc.

Par le même procédé, l'effet de cristallisation peut être obtenu sur des globes d'appareils à gaz.

Cuves à vin.

Depuis plusieurs années, on emploie le verre avec succès pour garnir les parois des réservoirs dans lesquels est conservé le vin, soit au moment de la fabrication, soit en attendant d'être vendu.

On découpe pour cela dans des glaces brutes d'une épaisseur de 11 à 22 mm des carreaux de dimensions appropriées aux parois qu'on a à recouvrir et qui, généralement, sont de 50 sur 50 cm.

On noie les carreaux dans un bain de mortier de ciment de Portland à prise demi-lente, posé comme enduit le long des parois en maçonnerie, en ayant soin que les bulles d'air qui pourraient être emprisonnées entre le mortier et le verre soient expulsées complètement.

Les revêtements en verre sont d'un nettoyage facile et l'on sait qu'il n'en est pas de même des cuves garnies simplement de ciment, et même des foudres en bois qu'il est très difficile de nettoyer d'une façon irréprochable, les surfaces rugueuses ou poreuses du ciment ou du bois restent, quelles que soient les précautions prises, des organismes susceptibles d'amener des fermentations accessoires.

On évite aussi aux vins de leur laisser prendre le goût de terre ou de pierre qu'occasionnerait souvent l'emploi de ciments ou de carreaux vernis.

Blocs isolateurs pour chemins de fer électriques.

Un chemin de fer électrique (City and South London railway) relie, par une communication urbaine et souterraine, les quartiers de la rive droite avec les abords du pont de Londres.

Ce chemin de fer, d'une longueur de 6 200 m, a été inauguré le 4 novembre 1890.

Le chemin souterrain est constitué par deux tunnels indépendants : dans l'un circulent les trains montant, dans l'autre les trains descendant. Ces tunnels ou tubes de 3 m ou $3^m,20$ de diamètre sont placés à 20 m au-dessous du niveau du sol des rues.

Sur les parois de ces tunnels, sont fixés les tuyaux qui conduisent jusqu'à l'extrémité de la ligne, l'eau sous pression qui sert au fonctionnement des ascenseurs de chaque station, les câbles isolés à enveloppe de plomb amenant le courant électrique de l'usine courent le long des parois de chaque tube.

Enfin, deux banquettes en maçonnerie sur lesquelles reposent les traverses et les rails, sont établies d'une extrémité à l'autre de chaque tunnel et permettent la circulation des agents et la sortie des voyageurs en cas de détresse ou d'accident survenu à un train (fig. 34).

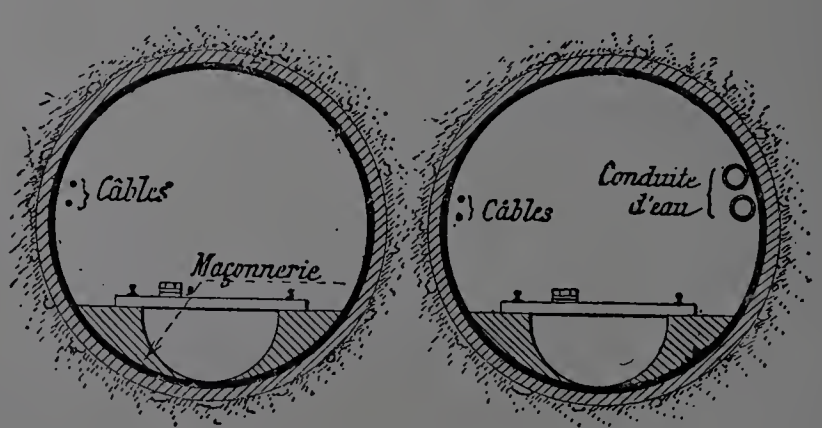


Fig. 34.

La ventilation est parfaite. Grâce à la traction électrique, il n'y a pas de ces nuages de fumée si nuisibles dans les tunnels d'une certaine longueur.

Voie. — Les rails sont du type Vignole et d'un poids de 30 kg. le mètre courant; leur longueur est de $7^m,50$; ils reposent sur des traverses en bois non préparé.

Le conducteur qui amène le courant aux locomotives électriques est

constitué par une barre d'accès ayant la forme d'un U (fig. 35) et une section d'environ 570 mm³. Les assemblages bout à bout de ce conducteur sont faits avec des éclisses en cuivre. Ce conducteur, placé à 0m,35 du bord intérieur de l'un des rails, est isolé du sol au moyen de blocs en verre brut d'une forme spéciale (fig. 36 à 38) fixés sur chaque traverse au moyen de cales en bois vissées (fig. 39).

Fig. 36.

Fig. 35.

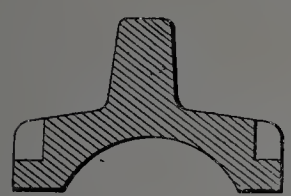


Fig. 37.

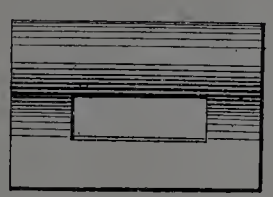


Fig. 38.

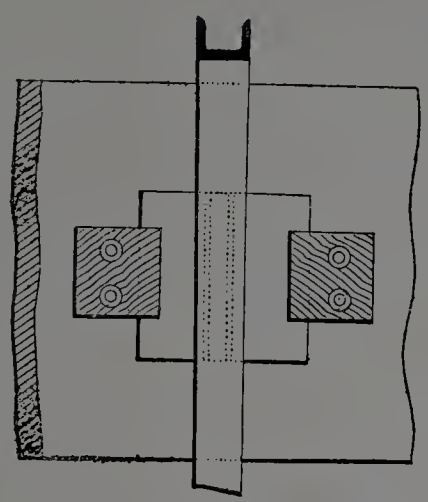


Fig. 39.

Pour que la force électromotrice reste sensiblement constante tout le long de la ligne et que la perte, par suite de résistance du conducteur, ne soit pas trop considérable, la voie porte, en outre, quatre conducteurs en cuivre reliés au rail central de distance en distance, composés chacun de 61 fils de 2 mm et recouverts de plomb avec une isolation tellement parfaite que la perte sur toute la ligne n'est pas de plus d'un ampère.

Le retour se fait par les rails latéraux.

La voie ne comporte pas de ballast, afin d'éviter la projection et l'entraînement de la poussière. Par contre, il en résulte, lors du passage d'un train, un bruit intense se répercutant au loin dans les tunnels. Il faut, d'ailleurs, ajouter que les voyageurs n'en sont nullement gênés, si on a soin de fermer les portes extrêmes des voitures du train.

Aux stations, les quais en bois sont à la même hauteur que le plancher des wagons, comme cela existe d'ailleurs dans la plupart des gares anglaises.

Au passage sous la Tamise, la voie a une pente de 30 mm par mètre avec des courbes de rayon d'environ 50 m. Le train prend alors un mouvement très accentué d'ondulation dans tous les sens qui n'incommode pas les voyageurs, mais qui est particulièrement curieux.

Enfin, la ligne se termine par des heurtoirs dont les tampons sont rendus élastiques par la pression hydraulique déjà utilisée pour le fonctionnement des ascenseurs des stations [1].

Autres applications électriques du verre.

Les demandes sont incessantes de bacs, cuves, crémaillères, supports ronds, carrés, plaques, dalles de toutes formes et dimensions que l'on demande en verre.

La plupart de ces demandes reçoivent une solution à l'avantage du verre.

Plaque à rainures pour accumulateurs

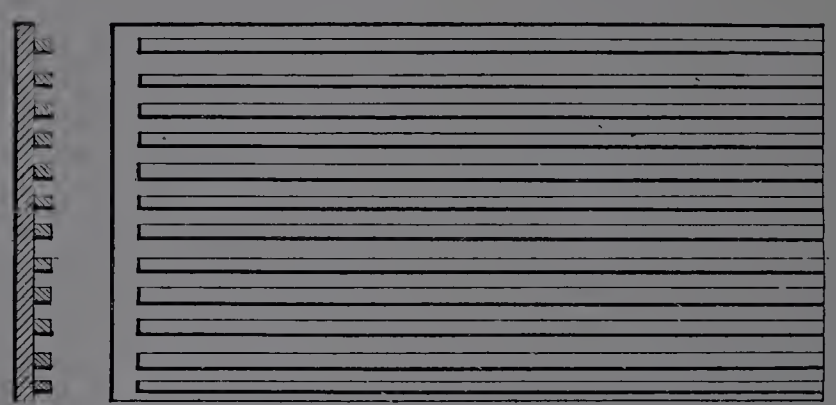


Fig. 40.

Isolateurs

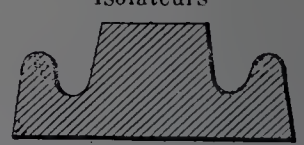


Fig. 41.

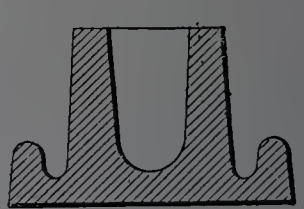


Fig. 42.

C'est ainsi que par les procédés de moulage que nous décrivons plus loin, et qui sont dus à M. L. Appert, on est arrivé à Saint-Gobain à fabriquer des cuves en verre, de toutes dimensions pour accumulateurs d'électricité. On peut dire que c'est surtout dans cette application que le verre a sa véritable place. On y utilise en effet ses principales propriétés : transparence, non conductibilité électrique, résistance à l'action des liquides acides.

Dans le même ordre d'idées on fabrique, pour boîtes d'accumulateurs des plaques à rainures permettant la libre circulation des liquides (fig. 40), des isolateurs présentant les formes les plus variées et dont nous donnons deux spécimens (fig. 41 et 42).

(1) *Revue générale de chemins de fer 1899*, page 89, veuve C. Dunod, Paris. Note de MM. Eugène Sartiaux et Cossmann, *sur le Chemin de fer électrique de Londres*.

Comme application moins directe à l'électricité, nous dirons un mot des enveloppes de lampes à incandescence.

J'eus l'idée en 1880, pour atténuer l'intensité de la lumière par incandescence et ajouter à l'effet décoratif, d'entourer les lampes d'une enveloppe constituée par de petits morceaux de verre, colorés ou non, taillés en rose et sertis dans les mailles d'une garniture métallique formée de deux demi-sphères pouvant s'ouvrir pour livrer passage à la lampe, puis maintenus au contact par un ressort (fig. 43).

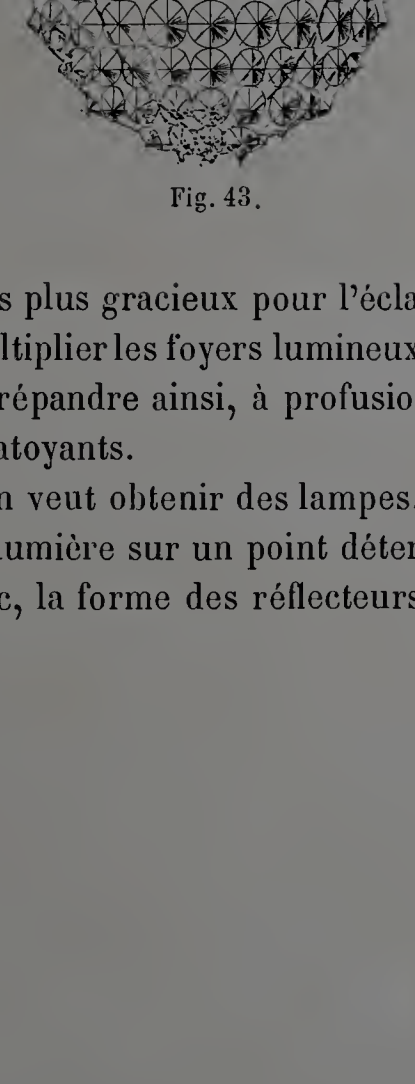


Fig. 43.

L'effet produit est des plus gracieux pour l'éclairage des salons, où il devient possible de multiplier les foyers lumineux, sous forme de lustres ou d'appliques, et de répandre ainsi, à profusion, une lumière douce aux reflets les plus chatoyants.

A l'inverse, quand on veut obtenir des lampes, leur rendement maximum et concentrer la lumière sur un point déterminé, on donne à l'enveloppe, en verre blanc, la forme des réflecteurs en usage pour l'éclairage des phares.

Soudure du verre avec les métaux.

Dans un grand nombre de circonstances, on se trouve dans la nécessité de souder le verre avec les métaux; cette opération, qui ne pouvait se faire jusqu'ici que dans certaines conditions particulières, et avec des verres de nature spéciale, assez difficiles à rencontrer, était toujours une opération délicate et donnant des résultats incertains; quelques recherches intéressantes ont été faites dans ce but, et ont donné des résultats qu'il est utile de faire connaître.

M. Cailletet, bien connu par ses remarquables études sur la compression et la liquéfaction des gaz, a communniqué à l'Académie des Sciences un nouveau procédé de soudure du verre et de la porcelaine avec les métaux.

Ce procédé de soudure employé par lui pour ses expériences est des plus simples :

On recouvre d'abord la partie du verre ou de la porcelaine qui doit être soudée d'une mince couche de platine métallique.

Il suffit, pour obtenir ce dépôt, d'enduire au moyen d'un pinceau la pièce légèrement chauffée, de chlorure de platine bien neutre, mélangé à de l'huile essentielle de camomille.

On chauffe lentement de façon à évaporer l'essence et lorsque les vapeurs blanches et odorantes ont disparu, on élève la température jusqu'au voisinage du rouge sombre.

Le platine se réduit alors et recouvre la pièce d'un enduit métallique parfaitement adhérent.

En fixant au pôle négatif d'une pile d'une énergie convenable, la pièce ainsi métallisée est placée dans un bain en sulfate de cuivre, on dépose sur le platine du cuivre qui doit être malléable et bien adhérent, si l'opération a été conduite avec soin.

Dans cet état, la pièce ainsi cuivrée peut être traitée comme une véritable pièce métallique et soudée au moyen de l'étain, au fer, au cuivre, au bronze, au platine et à tous les métaux qui s'allient à la soudure d'étain.

La solidité et la résistance de cette soudure sont très grandes; M. Cailletet a constaté qu'un tube de son appareil à liquéfier les gaz dont l'extrémité supérieure avait été fermée au moyen d'un ajutage métallique, ainsi soudé, a résisté à des pressions de plus de 900 atmosphères,

On peut remplacer le platinage par l'argenture qu'on obtient en chauffant dans le voisinage du rouge, le verre recouvert de nitrate d'argent ; l'argent ainsi réduit adhère parfaitement au verre, mais des essais assez nombreux ont fait préférer le platinage à l'argenture.

MM. Feix frères, maîtres verriers à Albrechtsdorf (Autriche), dont nous avons eu occasion de parler déjà comme exposants en 1889, ont employé un procédé analogue pour la décoration des pièces en verre qu'ils avaient présentées.

Ces pièces recouvertes d'un réseau artistement dessiné et formé de réseaux et d'entrelacs obtenus par le dépôt de cuivre électrolytique subissent un travail supplémentaire de ciselure, après quoi elles sont plongées dans un bain galvanoplastique qui y dépose une légère couche d'or et en rehausse l'éclat.

Ces industriels n'ont pas fait connaître la nature du métal employé comme conducteur.

M. F. Walter a trouvé un alliage qui adhère énergiquement au verre et qui peut servir, par conséquent, à assembler les tubes de verre entre eux, à les fermer hermétiquement, etc., etc.

Cet alliage se compose de 95 0/0 d'étain et 5 0/0 de cuivre.

On l'obtient en versant le cuivre dans l'étain préalablement fondu, agitant le mélange avec un agitateur en bois, le coulant et le granulant puis le refondant.

Il fond à 360° environ.

En ajoutant 1/2 à 1 0/0 de plomb ou de zinc, on peut rendre l'alliage plus ou moins dur ou plus ou moins fusible.

On peut s'en servir aussi pour recouvrir les métaux réduits à l'état de lames ou de fils auxquels il donne l'apparence de l'argent.

CHAPITRE V

VERRES DE COULEURS

La production française du verre à vitre coloré est le fruit de l'ensemble des expériences faites par Leviel, en Bohême. Un échange multiple d'idées sur l'art de la verrerie a eu lieu entre l'Autriche (Bohême) et la France depuis plusieurs siècles et principalement au XIXe siècle.

Au chapitre du vitrail, nous avons cité Bontemps comme ayant retrouvé et appliqué en France, à la verrerie de Choisy-le-Roi, les formules ou recettes de certains verres de couleur, notamment les verres rouges. Depuis, on a découvert aussi le verre jaune à l'argent.

Puis les verres marbrés, obtenus en mélangeant un verre verdâtre coloré par l'oxyde de fer, à un verre rouge coloré par l'oxyde de cuivre; le résultat est une sorte de marbre « ou verre marbré ».

Opaline laminée.

Voulant constituer pour les installations sanitaires de grandes surfaces continues, résistantes, imperméables, d'un nettoyage facile, la Société de Saint-Gobain a étudié la composition d'un verre très dur, inaltérable, pouvant se couler en grandes surfaces, telle est l'opaline. Elle se distingue des opalines ordinaires, marmorites, etc., par sa teinte spéciale, blanc azuré, par son extrême dureté, qui la rend difficile à travailler, mais lui assure une grande résistance à tous les agents exté-

1. *Le verre et le cristal*, J. Henrivaux, pages 664 à 675. — 2e édition, 1897 (Dunod).

rieurs. Dans beaucoup de cas, les parois des salles d'opérations, salles de bains et douches, cabinets de toilette... etc., peuvent être formées

Fig. 44.

d'une seule plaque d'opaline laminée fixée au moyen de simples agrafes

ou couvre-joints. De longs couloirs étroits et obscurs, d'un entretien coûteux ont été transformés de la façon la plus heureuse par des revêtements d'opaline en grandes surfaces, toujours faciles à tenir propres au moyen d'une simple éponge ou d'un linge.

Les phares d'Eckmühl et de l'Ailly ont été entièrement revêtus à l'intérieur d'opaline, de même que les passages souterrains de la gare du Nord à Paris et de la gare de Saint-Denis. L'apparition de ce produit a de toute façon donné un nouvel élan à l'emploi des revêtements vitrifiés.

Dans ces dernières années, l'*opaline laminée de Saint-Gobain* a été employée entre autres installations :

Au Laboratoire des Agriculteurs de France.
Au Laboratoire des Mines.
Aux salles d'opérations de divers hôpitaux.
Pour les instruments de précision (socles de balances, etc.).
A l'Assistance publique.
Pour l'Industrie laitière.
Dans les Brasseries.
Pour les tableaux de distribution des installations électriques.

Certains décorateurs ont émaillé l'opaline et ont ainsi transformé l'opaline industrielle, blanche, opaque, de teinte uniforme, en œuvres artistiques. Tels sont les ornements qui décorent l'hôtel de M. Morin, rue de Babylone, à Paris, panneaux de revêtement qui ont été exécutés par M. Galand (fig. 44).

La « Marmorite ».

Depuis l'antiquité, on a coloré le verre par différents procédés.

On a produit le marbrage du verre à vitre et des glaces coulées, notamment en déposant à leur surface non encore solidifiée, des filaments ou des parcelles de verre de couleur, relativement fusible.

On a obtenu également du verre à vitre et des glaces opaques de teintes diverses; mais le résultat cherché était l'obtention d'une coloration uniforme ; les taches ou les veinages qui apparaissaient par hasard constituaient des accidents de fabrication.

Un ingénieur belge, d'origine française, a cherché à produire du

verre coloré, veiné dans toute l'étendue de sa masse et il a découvert des procédés de fabrication permettant d'obtenir à volonté des veinages variés à l'infini donnant absolument aux produits les caractères physiques du « marbre » tout en leur conservant toute la supériorité résultant de leur constitution chimique.

Le brevet français relatif à cette invention a été déposé le 1er mai 1899.

Valeur commerciale.

L'extension commerciale de la marmorite ou « marbre coulé » a été, dès le début de la vente, considérable.

C'est ainsi qu'à Bruxelles, où le produit a été lancé d'abord, plusieurs magasins sont ornés d'enseignes, souvent de très grandes dimensions, en « marmorite ».

Beaucoup de devantures de boutiques en sont entièrement recouvertes.

La gravure au jet de sable permet d'obtenir des effets esthétiques inattendus. Certaines parties ainsi creusées et matées sont peintes ou métallisées. Parfois des sujets compliqués et de véritables compositions artistiques s'y encadrent.

Les formes bizarres que l'on est convenu de comprendre dans les applications de l' « Art moderne » donnent, lorsqu'elles sont bien saisies, à la « Marmorite » un caractère en parfaite harmonie avec la solidité de la masse.

Un résultat fortuit est le développement que l'emploi de la « Marmorite » a imprimé à la vente des glaces noires.

Celles-ci, connues depuis longtemps, étaient peu demandées, tandis qu'aujourd'hui leur application à des usages analogues à ceux de la « Marmorite » a produit une extension considérable de leur vente.

Nos grandes villes de France qui ont été les premières à montrer jusqu'où peut aller l'art d'aménager les étalages des magasins, ne voudront pas refuser à ces étalages les cadres dignes d'eux qu'il est maintenant aisé de leur procurer.

Nous avons eu l'occasion de constater que dans un projet récent de convention entre quatre glaceries russes, on estimait que la vente de la « Marmorite » en Russie assurerait un bénéfice net annuel de 50.000 roubles, soit d'environ 130.000 francs.

Aventurine

On fabriquait autrefois à Venise, l'aventurine à paillettes d'or (cuivre). A la suite des études de MM. Frémy, Hautefeuille, Clemendot, on peut reproduire cette aventurine. M. Touvier, de la maison Stumpf, Touvier et Violet en exposait des échantillons magnifiques à l'Exposition de 1900.

Pelouze a inventé également, il y a environ vingt-cinq ans, l'aventurine à paillettes vertes, paillettes de sesquioxyde de chrôme.

Pâte de verre.

Les anciens tiraient du verre de très jolis effets, et le maniaient d'une façon surprenante. Ils parvenaient à modeler le verre à froid comme de l'argile. Certains de leurs verres exhalaient une odeur qui leur était propre, certains autres possédaient la malléabilité des métaux; ils se bossuaient quand on les jetait à terre, et pouvaient ensuite être redressés au marteau sans se briser.

Des légendes se sont formées à ce sujet.

Pétrone raconte que Tibère fit trancher la tête à un artisan « dans la crainte que le secret de fabrication de la pâte de verre, une fois connue, on ne fasse pas plus de cas de ce produit que de la terre.

Haudicquer de Blancourt prétend que Richelieu fit condamner à la prison perpétuelle un ouvrier qui lui présenta une pièce en verre malléable.

De nos jours, le gouvernement mit à la disposition d'un artiste inventeur, Henri Cros, un atelier à la manufacture de Sèvres, pour lui permettre de poursuivre ses études sur une pâte de verre dans laquelle, on peut, suivant l'inventeur, enfoncer impunément des clous, sans l'écailler ni l'altérer par des fissures.

Les premières pièces, exposées au Salon de 1891, présentaient certains défauts, mais en 1900 on a pu admirer un grand nombre de pièces qui ressemblent — comme aspect — à certains médaillons retrouvés dans les ruines de Pompéï. Une fontaine murale, dont les diverses parties représentent l'histoire de l'eau est une œuvre absolument remarquable

(1) Nous avons décrit ces pièces, pages 17 et 18 de notre étude sur la verrerie à l'Exposition de 1900.

A l'Exposition de 1900 on remarquait encore des revêtements en pâte de verre. Puis à l'Exposition de Saint-Pétersbourg et au Salon de

Fig. 45. — Cros : Figures et masques en pâte de verre (Musées de Sèvres et du Luxembourg).

1901 des vases de diverses formes en pâte de verre fabriqués par M. G. Desprez à la glacerie de Jeumont.

Ces objets sont remarquables et voici comment un critique d'art, M, Roger-Milès s'exprimait, l'an dernier, sur ces produits :

« J'ai réservé pour la fin les pâtes de verre translucide et de verre

« polychrome de M. Georges Despret, en collaboration avec M. Nicolet.
« L'an dernier déjà, j'avais remarqué ces coupes, ces petits vases, d'une
« matière si précieuse, à travers laquelle la lumière, en se jouant, allu-
« mait les plus douces et les plus délicieuses teintes qui se puissent
« rêver : cette année à côté du verre translucide, voici des pâtes de verre
« polychromé ; il faut examiner ce masque égyptien qui porte leur der-
« nière découverte : il semble que le sang coule sous la peau, que la
« matière s'anime, que l'épiderme sous le doigt, va provoquer de la
« chaleur : c'est de l'art oublié, perdu, qui ressuscite soudain, avec quelle
« mystérieuse séduction d'aspect ! Je crois que le difficile problème des
« pâtes de verre est résolu : translucide ou opaque, M. Despret peut
« nous dicter les lois de son comport dans le feu, et nous devons atten-
« dre beaucoup de son effort de savant et d'artiste.

CHAPITRE VI

VERRE TREMPÉ — VERRE IRISÉ

Si le XIXe siècle a permis de réaliser certains progrès en verrerie, et principalement de multiplier les applications du verre, certaines découvertes anciennes ont été rééditées à nouveau sous des noms différents, en termes scientifiques, et on a donné aux phénomènes, aux applications ainsi retrouvés, des explications plus en rapport avec le progrès moderne.

Ainsi par exemple, un ouvrage du dix-huitième siècle (1), donne la façon de communiquer « au cristal de roche, sans le fondre, une couleur de vipère » c'est *l'irisation*, retrouvée de nos jours, chez M. Lobmeyr, par hasard, et dont depuis on a su tirer un très bon parti.

En Hongrie on fait de très beaux verres irisés.

En Amérique, M. Tiffany est aussi passé maître en cette fabrication dont il tire de très beaux effets artistiques.

De même que l'on donnait au verre « la dureté du métal » en le trempant lorsqu'il est encore mou, dans le sang d'un bœuf récemment tué, et encore

Fig. 46. — L. Tiffany. Vase en verre irisé.

(1) *Art de la verrerie*, de Néri, Merret et Kunckel, Paris 1752.

chaud. Ce sang n'étant pas encore défibriné, étant très carburé, c'était la *trempe*, que M. de La Bastie a découvert depuis et dont les procédés ont été perfectionnés.

On trouvera dans les ouvrages spéciaux (1) des détails pour la fabrication et les emplois de la « *laine minérale* », le « *coton de verre* », les *étoffes en verre* », les « *mèches de lampes en verre* », les verres durs à base d'alumine, les « *rideaux en verre* », les « *perles artificielles* », etc. Nous ne pouvons qu'indiquer ici ces nouvelles applications du verre, ne voulant pas étendre outre mesure le cadre de ce volume.

M. C. E. Jullien a donné une théorie de la trempe du verre et ces études sont tellement intéressantes que nous ne pouvons résister au désir de les résumer.

Les verres, les laitiers de hauts fourneaux, les scories de forges, etc., sont des dissolutions, dans le *silicate neutre,* tantôt d'un excès d'*acide*, tantôt d'un excès de *base*.

Considérant comme silicate neutre tout silicate qui a, pour composition atomique, un atome d'acide et un atome de base, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau des proportions de silice contenues dans 100 parties de silicate neutre pour diverses bases

ÉLÉMENTS BINAIRES	FORMULES	PROPORTIONS ATOMIQUES		Proportions des composants pour 100 de silicate neutre	
		Métal	Oxygène	Acide	Base
Silice	SiO^3	277.778	300	»	»
Chaux	CaO	251.651	100	62 0	38.0
Potasse.	KaO	488.856	100	49.8	50.2
Soude	NaO	289.729	100	59.8	40.2
Magnésie	MgO	158.140	100	69.0	31.0
Alumine	Al^2O^3	341.800	300	47.0	53.0
Protoxyde de fer	FeO	350.527	100	56.0	44.0
— de manganèse	MnO	244.684	100	56 5	43.5
— de plomb . .	PbO	1.294.645	100	29.2	70 8

Il résulte de l'examen de ce tableau que, quand la *chaux* ou la *soude* constitue la majeure partie de l'élément basique, le silicate neutre

(1) Voir *Le verre et le cristal*, par J. Henrivaux, 2e édition, 1897. *Verre et verrerie*, par L. Appert et J. Henrivaux, 1894.

contient en moyenne 60 0/0 de *silice* ; d'après cela on peut dire que :

1° Tout verre, à base de *chaux* ou de *soude*, qui contient plus de 60 0/0 de silice, est un silicate *acide*, c'est-à-dire une dissolution, dans le silicate neutre d'un excès de *silice*.

2° Tout verre, à base de *chaux* ou de *soude*, qui contient moins de 60 0/0 de silice, est un silicate *basique*, c'est-à-dire une dissolution, dans le silicate neutre, d'un excès de *base*.

1° Prenez un verre provenant de la réaction de 100 silice sur 40 carbonate de soude (expérience de M. Bontemps, à Choisy-le-Roy) et composé, par conséquent, pour 100 parties, de :

Silice	81
Soude	19

Mettez-le en fusion et trempez-le :

Partie dans l'air à 10°,

Partie dans l'air affectant une température de très peu inférieure à celle de sa solidification ; maintenez-l'y suffisamment longtemps.

Dans le premier cas, vous obtenez un *verre* incolore, transparent, limpide et fragile.

Dans le second cas, vous obtenez une *poterie* blanche d'autant moins transparente et d'autant moins fragile que la durée de la trempe a été plus longue.

2° Prenez du verre à bouteilles ou du laitier de haut fourneau contenant de 45 à 50 0/0 de silice ; mettez-le en fusion et trempez-le :

Partie dans l'air à 10°, coulée en plaques minces sur une surface métallique ;

Partie dans de l'air affectant une température un peu inférieure à celle de la solidification, ou dans un moule en sable couvert de 25 à 30 centimètres d'épaisseur.

Dans le premier cas, vous obtenez un verre vert, transparent, limpide et fragile.

Dans le second cas, vous obtenez une poterie ou une pierre grise d'autant plus opaque et d'autant moins fragile que la durée de la trempe a été plus considérable.

3° Prenez du verre ordinaire, contenant environ 70 0/0 de silice ; mettez-le en fusion et trempez-le, en gouttelettes allongées dans de l'eau fraîche:

Vous obtenez les *larmes bataviques*, d'une dureté et d'une fragilité extrêmes.

4° Prenez un silicate neutre quelconque; mettez-le en fusion et trempez-le dans l'air à 10° :

Il cristallise avec la plus grande facilité en se solidifiant, et peut, comme le *bismuth*, donner des cristaux détachés très apparents.

Explication.

Le silicate neutre, liquide, cristallisant, en se solidifiant, sous l'influence d'une trempe dans l'air à 10°, peut être considéré comme un corps dont la faculté dénaturante du calorique est très forte, et d'autant plus facilement équilibrée par son pouvoir rayonnant du calorique sensible, à la température réelle de solidification, que la trempe est *plus* énergique.

La silice et les bases, au contraire, qui, trempées liquides dans un milieu relativement froid, cristallisent d'autant plus facilement que le refroidissement est plus lent, peuvent être considérées comme des corps dont la faculté dénaturante du calorique est d'autant plus facilement équilibrée par leur pouvoir rayonnant du calorique sensible, à la température de solidification, que la trempe est *moins* énergique.

Le verre liquide est donc une dissolution composée de deux corps dont la faculté dénaturante du calorique latent de solidification est, chez l'un, très *forte*, et, chez l'autre, très *faible*. Il résulte de là que, quand la trempe *favorise* la cristallisation de l'un des composants, elle *contrarie* la cristallisation de l'autre; son résultat est donc de communiquer au verre une série d'états physiques déterminés par le plus ou moins de facilité qu'ont éprouvée ses composants à cristalliser, à la température de solidification.

Ceci admis, on voit tout de suite que, comme pour les carbures de fer, il peut se présenter deux cas, savoir :

Ou la proportion d'*acide* ou d'*oxyde* en dissolution dans le silicate neutre *liquide* ne dépasse pas celle rigoureusement soluble dans le silicate neutre solide, ou elle la dépasse.

Si la proportion d'acide ou d'oxyde en dissolution dans le silicate neutre liquide ne dépasse pas celle rigoureusement soluble dans le silicate neutre solide, la trempe du verre liquide a beaucoup d'analogie avec celle de l'acier ; elle en diffère seulement en ce sens que, dans l'*acier*, c'est le dissolvant, tandis que, dans le *verre*, c'est le corps dissous, qui a la faculté dénaturante du calorique très faible.

Si la proportion d'acide ou d'oxyde en dissolution dans le silicate neutre liquide, dépasse celle rigoureusement soluble dans le silicate

neutre solide, la trempe du verre liquide a beaucoup d'analogie avec celle de la fonte ; elle n'en diffère aussi que par l'interversion des facultés dénaturantes du calorique.

Nous allons examiner maintenant quelles doivent être les conséquences de la trempe, en partant de ces principes, qu'il sera facile de reconnaître comme vrais s'ils sont confirmés par l'expérience.

1° *Trempe du verre-acier.*

Nous entendons par *verre-acier* le verre qui ne dépose pas de *graphite*, c'est-à-dire de silice ou de base, quand le dissolvant se solidifie.

1° Prenez le *verre-acier* liquide, et trempez-le, dans l'air à 10°, en lames minces:

Le *silicate neutre* cristallise avant même que l'*acide* ou l'*oxyde* en dissolution se soit solidifié. Le verre est alors transparent, limpide et d'autant plus fragile qu'il a été trempé plus mince et plus froid, c'est-à-dire que le silicate neutre a cristallisé en plus grande proportion.

Recuisez légèrement ce verre: une partie du silicate neutre passe à l'état mou; la limpidité de la transparence diminue peut-être un peu, mais la fragilité diminue.

Le *verre-acier*, trempé vif, est donc une *dissolution d'un petit excès de silice ou d'oxyde liquide dans le silicate neutre, partie cristallisé, partie à l'état mou.*

2° Prenez le *verre-acier* liquide, et trempez-le, soit dans l'air affectant une température de très peu inférieure à celle de sa solidification, soit dans un moule épais, maintenu longtemps à ladite température :

Au bout d'un temps suffisamment long, le silicate neutre, n'ayant pu cristalliser, passe à l'état mou ; l'acide ou l'oxyde, au contraire, se trouvant favorisé par la trempe, passe à l'état cristallin.

Le verre, alors, est devenu poterie transparente et rugueuse comme la porcelaine dure.

Le *verre-acier,* trempé doux, est donc une *dissolution d'un petit excès de silice ou d'oxyde cristallisé dans le silicate neutre, affectant d'autant plus complètement l'état mou que le refroidissement a été plus lent.*

2° *Trempe du verre-fonte.*

Nous entendons par *verre-fonte* le verre qui dépose du *graphite*, c'est-à-dire de la silice ou de la base, quand le dissolvant se solidifie.

1° Prenez du *verre-fonte* liquide, et trempez-le, dans l'air à 10°, en lames minces :

Le silicate neutre cristallise en déposant la proportion de l'excès de composant qu'il ne peut dissoudre à l'état solide. Le verre obtenu alors est opaque, mais à texture vitreuse et fragile.

Recuisez légèrement ce verre : une partie du silicate neutre passe à l'état mou et il devient moins fragile.

Le verre-fonte, trempé vif, est donc un *mélange de silice ou d'oxyde, à l'état mou, et de verre-acier*.

2° Prenez du *verre-fonte* liquide et trempez-le, soit dans l'air affectant une température de très peu inférieure à celle de sa solidification, soit dans un moule épais, maintenu longtemps à ladite température :

Au bout d'un temps suffisamment long, le silicate neutre, n'ayant pu cristalliser, passe à l'état mou et dépose la proportion de l'excès de composant qu'il ne peut dissoudre à l'état solide ; l'acide ou l'oxyde, au contraire, tant en dissolution que libre, se trouvant favorisé par la trempe, passe à l'état cristallin. Le verre alors est devenu poterie opaque, à cassure lithoïde et d'autant moins fragile que le refroidissement a été plus lent.

Le verre-fonte, trempé doux, est donc un *mélange de silice ou d'oxyde cristallisé et de verre-acier trempé doux*.

Résumé.

Quand le silicate neutre liquide tient en dissolution un excès de l'un de ses composants, le produit solide est :

Verre transparent et *limpide*, si l'excès de composant dissous est petit et si la trempe est *énergique ;*

Poterie transparente, si l'excès de composant dissous est petit et si la trempe est *douce* ;

Verre opaque, si l'excès de composant dissous est trop grand et si la trempe est *énergique* ;

Poterie opaque, si l'excès de composant dissous est trop grand et si la trempe est *douce*.

Trempe du verre au moyen de la vapeur:

d'après M. A. Léger.

Depuis longtemps on connaît la curieuse propriété que possède le verre, d'acquérir une résistance et une dureté considérables sous l'influence d'un refroidissement brusque.

Le phénomène de trempe maxima ou à outrance (par l'eau) a été étudié en 1872 par M. de Luynes, qui a mis en lumière la structure par couches concentriques superposées prises par le verre ainsi trempé. C'était la confirmation de la théorie du colonel Caron qui explique le phénomène de la trempe par une sorte de martelage du corps entre deux couches superficielles contractées. Selon lui, la trempe produirait sur les corps l'effet d'un frottage énergique.

La trempe à l'eau produisant des effets dont l'énergie peut être constatée sur les larmes bataviques, ne pouvait devenir applicable industriellement, aussi a-t-on cherché un corps agissant moins brutalement que l'eau. Déjà au commencement de ce siècle les verriers de la Loire savaient tremper dans l'huile ou la graisse chaude, mais on n'avait pas fait d'application sérieuse de ce procédé, jusqu'au jour où M. De la Bastie proposa dans un brevet (pris le 14 juin 1874) de recuire les objets à tremper dans un appareil spécial, pour de là les précipiter dans une bâche contenant du suif ou d'autres corps gras maintenus ou non à une température déterminée.

Ce mode d'opérer a donné d'excellents résultats sur des objets de forme simple et de faibles dimensions, mais l'application a été moins heureuse pour les grandes pièces comme les vitres ou pour les objets de forme irrégulière, comme les bouteilles, les verres à pied, en raison de la difficulté qu'on éprouve à manœuvrer ces pièces sans les déformer.

C'est en voyant toutes ces difficultés que MM. Boistel et Léger ont proposé en 1875, l'emploi de la vapeur pour tremper le verre.

Avec la vapeur, il est facile d'envelopper presque instantanément les objets à tremper d'une atmosphère possédant une chaleur spécifique égale à celle des corps gras (0,470) et double ou triple de celle du gaz. En outre, la condensation partielle à la vapeur assure un refroidissement rapide du verre, par suite de la vaporisation à l'eau condensée ou vésiculaire.

La vapeur d'eau est donc préférable aux corps gras en raison de la

facilité d'opération qui résulte de son emploi pour la trempe ; elle est supérieure aux gaz (préconisés par certains inventeurs) en raison de la chaleur spécifique plus grande et de la présence d'eau vésiculaire.

La vapeur n'exerce aucune action chimique, physique ou mécanique sur la surface du verre, elle n'en réduit ni la composition ni les couleurs incorporées, elle ne graisse pas les surfaces, elle ne les raie pas. Enfin la ténacité, la résistance à la rupture, aux chocs et par flexion sont sensiblement les mêmes que dans la trempe par les corps gras.

Installation générale.

Gobeletterie, bouteilles.

Entre la zone de réchauffage et la zone de refroidissement, MM. Boistel et Léger intercalent une zone de trempage, isolée des deux autres par des registres et à laquelle une couronne de disposition appropriée à celle des objets, permet d'injecter la vapeur dans le sens qu'on juge convenable, sort de bas en haut, de haut en bas, obliquement ou horizontalement, en mince filet ou en tourbillon.

On fera varier suivant la forme des objets à tremper le mode de suspension de ces objets sur la terrasse les supportant. La plateforme de cette terrasse sera à claire-voie pour laisser la vapeur circuler librement autour des fonds ; les objets seront placés sur des toiles métalliques ou sur des supports en forme de lame de couteau. On pourra même choisir pour supports des corps tels que le verre dur, la porcelaine, la terre réfractaire, le grès, le graphite, qui se comportent sous l'action de la chaleur à peu près comme le verre lui-même.

Pour les objets creux qu'il faudra tremper intérieurement on injectera la vapeur par un ajutage plongeant, laissant entre le col et lui un espace annulaire suffisant pour la libre évacuation de la vapeur introduite.

Le procédé de trempage à la vapeur peut également s'appliquer aux fours à recuire intermittents dans lesquels on empile les objets pour les recuire. Quand l'ensemble est porté à la température requise, on injecte la vapeur par un certain nombre d'orifices en maintenant dans l'enceinte une légère pression.

Vitres, tuiles en verre.

Si l'on part d'objets fabriqués et froids, on opère comme ci-dessus en supportant les objets sur des châssis horizontaux ou presque verticaux suivant la nature des objets. Ces châssis sont garnis de toiles métalliques et sont disposés de façon à permettre l'arrivée de la vapeur sur les deux faces du verre. Dans le cas du verre à vitres, on pourra procéder à la trempe immédiatement après l'étendage du manchon (la trempe à la vapeur faite avec précaution n'empêchant pas le diamant de couper le verre, on gagne ainsi un réchauffage). Le manchon de verre est étendu comme à l'ordinaire, et quand il possède toute sa chaleur on le pousse sur la plateforme d'un châssis placé dans le compartiment de trempage. Cette plateforme, ordinairement en toile métallique, peut être remplacée par une plaque de métal bien dressée. La vapeur n'agira donc par contact direct que sur la face supérieure du verre. On amènera également la vapeur entre le châssis et la plaque métallique supportant la feuille de verre, et en raison de la grande conductibilité du métal, la trempe (un peu plus douce) se produit dans de bonnes conditions. On peut aussi recouvrir la face supérieure de la vitre d'une plaque métallique supportée par un châssis qu'on peut monter ou descendre. Il n'y a plus alors contact direct de la vapeur avec le verre sur aucune des faces.

Grandes glaces.

On pourrait tremper les glaces, — après polissage — en les réchauffant dans un four approprié et en injectant la vapeur d'eau. Mais il est plus rationnel, étant donné que la trempe à la vapeur, même dure, n'apporte pas d'entraves sérieuses au travail de doucissage et de polissage, d'opérer la trempe immédiatement après le coulage de la glace.

On fera passer la glace, de la table de coulée sur une table de bronze dressée et polie. Cette table reposera, par des points de contact assez nombreux pour empêcher toute déformation, sur un châssis métallique mobile. On pourra donc injecter de la vapeur entre le châssis et la plaque de bronze supportant la glace. La surface supérieure de la glace est exposée au contact direct de la vapeur, ou bien on appliquera sur cette glace une sorte de contre moule formé d'une plaque métallique (reposant sur la glace) fixée à un châssis qu'on peut mouvoir de haut en bas. Entre la plaque et le châssis on amènera la vapeur en sorte que

dans ce cas la glace ne recevra la vapeur sur aucune de ses faces, mais sera trempée par le contact de deux plaques métalliques refroidies par un jet de vapeur.

Cette manière de procéder assurera à la glace une planimétrie beaucoup plus parfaite que celle qu'on obtient par l'enfournement en carcaises. (C'est en somme un moulage qu'on fait subir à la glace.) Il en résultera une diminution dans la durée du travail de doucissage. On disposera d'un nombre assez considérable d'appareils pour satisfaire aux exigences du coulage d'une fournée.

L'emploi de la lumière polarisée à l'analyse de la constitution moléculaire des corps trempés, a permis à M. A. Léger de démontrer directement que la trempe produit un véritable frettage permanent des corps auxquels elle est appliquée. M. Léger a passé en revue la transmission intérieure des forces appliquées aux solides dans les quatre ordres de déformation que l'Ingénieur soumet à ses calculs : *compression, extension, flexion*, *torsion*. Nous renvoyons le lecteur à l'étude de ce travail intéressant (1), nous ne voulons citer ici que ce qui a trait au verre.

Les déformations moléculaires produites sur diverses matières par des efforts semblables et semblablement appliqués, sont comparables et ne diffèrent que par leur valeur relative, ces actions sont régies par un petit nombre de lois générales qui peuvent intervenir avec des prédominences diverses en passant d'un corps à l'autre, mais manifestent toujours leur influence inséparable. C'est ainsi que l'acier, la fonte, le verre, se présentent avec des propriétés physiques de même ordre, quoique de degrés différents ; ils s'allongent, fléchissent, se contractent, se tordent, plus ou moins dans les mêmes circonstances, mais toujours de la même façon, ils jouissent même tous ensemble de cette propriété, la plus singulière et la plus capricieuse de toutes, la faculté de se *tremper*.

Dans ce concert, le verre semble fait tout exprès pour trahir les secrets des déformations intimes sous l'action des forces extérieures, en raison de ses deux propriétés précieuses : la *transparence* et la *bi-réfringence* de ses parties soumises à un effort.

Les matières bi-réfringentes taillées en lames minces, comme le mica, le gypse, le spath d'Islande, le cristal de roche, le verre, (quand

(1) *Transmission des forces extérieures au travers des corps solides*, par M. A. Léger (extrait des mémoires de la Société des Ingénieurs civils).

il est trempé, comprimé ou dilaté) colorent la lumière polarisée qui les traverse.

La lumière polarisée a permis de vérifier l'unité parfaite des lois physiques qui président à la transmission des vibrations lumineuses, sonores et calorifiques au travers des corps ; on peut aujourd'hui l'appliquer à l'étude des vibrations mécaniques suscitées sur leur passage par les forces qui traversent ces mêmes corps, et admettre que les réactions moléculaires sont toujours étroitement associées dans ces quatre ordres de phénomènes.

Ces faits semblent militer suffisamment en faveur de la généralisation que nous indiquons.

La mécanique, tout au moins la résistance des matériaux, s'attarde peut être dans des spéculations analytiques appuyées sur un trop petit nombre de faits, anciennement observés ; à l'exemple des autres sciences, ses émules, on doit en assurer et en élargir les bases, en les consolidant par l'appoint d'éléments nouveaux.

La polarisation offre un moyen précieux d'entrer plus avant dans cette observation intime de phénomènes jusqu'ici peu connus ; cette nouvelle méthode expérimentale recèle de précieuses ressources.

TROISIÈME PARTIE

PHARES & VERRES D'OPTIQUE

CHAPITRE PREMIER

PHARES

Les phares remontent à la plus haute antiquité, le plus ancien phare dont il soit fait mention dans l'histoire est celui du promontoire de Sigée. Celui d'Alexandrie construit par Ptolémée Philadelphe, dans l'île de Pharos (270 ans avant Jésus-Christ) a donné à tous les appareils du même genre son propre nom qu'il tirait de l'île sur laquelle il était construit.

Des phares existaient dans presque tous les ports de la Grèce ; les Romains en construisirent aussi un grand nombre, les côtes de France et d'Angleterre possédaient des phares remontant à l'occupation romaine. A Boulogne-sur-Mer on voyait encore en 1643 les ruines d'un de ces phares (fig. 47) appelé par les boulonnais « Tour d'ordre », traduction du latin *turdis ordens*, corruption de ardens, tour enflammée. Jusqu'en 1784, époque à laquelle remonte l'invention des lampes à double courant d'air par Argand, les phares n'étaient éclairés que par des feux de bois ou de charbon, des torches de résine, ou par des lampes grossières. On augmenta ensuite le pouvoir éclairant des lampes par des réflecteurs. Borda fit exécuter en 1786 d'après le projet de l'ingénieur Teulère, un phare tournant pour le port de Dieppe. Puis en 1821 Fresnel inventa les phares lenticulaires dont la première application fut faite en 1822 au phare de Cordouan les lentilles destinées à ce phare furent construites par l'opticien Soleil.

L'invention des lampes à mèches multiples dont l'idée première est due à Guyton de Morveau permit à Fresnel d'augmenter l'éclat des jeux de phares et de compléter l'ensemble de son système.

Ce n'est guère qu'à partir de 1830, trois ans après la mort de Fresnel, que l'application de ses idées se généralisa.

En 1863 au phare du cap de la Hève fut fait le premier essai d'éclairage électrique des phares à l'aide d'un régulateur Serrin alimenté par une machine de l'Alliance.

Depuis Fresnel, le perfectionnement le plus important apporté à l'éclairage des côtes est certainement l'invention des feux éclairs, due à M. l'inspecteur général Bourdelles (1), dont le principe consiste à produire des éclats aussi brefs que possible, 1/10e de seconde environ, se succédant à intervalles très rapprochés, la durée des éclipses ne devant pas dépasser 5 secondes. Dans les phares, l'appareil optique joue le rôle d'un véritable accumulateur de lumière pendant les périodes d'éclipses, cette lumière est restituée pendant la durée de l'éclat. Plus la durée de l'éclat est court plus l'intensité lumineuse est élevée.

Fig. 47. — Tour ardente.

L'éclairage des phares se fait à l'huile minérale à l'aide de lampes à mèches concentriques, à l'électricité, au gaz d'huile et à la vapeur de pétrole ; l'acétylène a été essayé mais les résultats obtenus n'ont pas été très décisifs. L'emploi de l'électricité, malgré tous ses avantages ne tend pas à se généraliser en raison des dépenses très élevées d'installation

(1) Les progrès récents de l'éclairage des côtes est l'invention des feux éclairs par M. Jean Rey. Avril 1898, *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.*

et d'exploitation on a donc eu recours à d'autres modes d'éclairage, l'incandescence par le gaz d'huile et par la vapeur de pétrole.

L'importante maison *Sautter-Harlé* a créé pour l'éclairage des phares par la vapeur de pétrole des appareils qui peuvent se substituer facilement aux lampes existantes. Du pétrole sous pression est envoyé dans un vaporisateur chauffé soit par le brûleur lui-même (fig. 48) soit à l'aide d'un brûleur spécial (fig. 49) le réservoir à pétrole peut être placé sous le brûleur comme dans la fig. 48 soit supporté par l'optique comme dans la fig. 49. Ce système d'éclairage a non seulement l'avantage de pouvoir s'adapter à tous les appareils existants mais il ne nécessite pas comme le gaz d'huile une

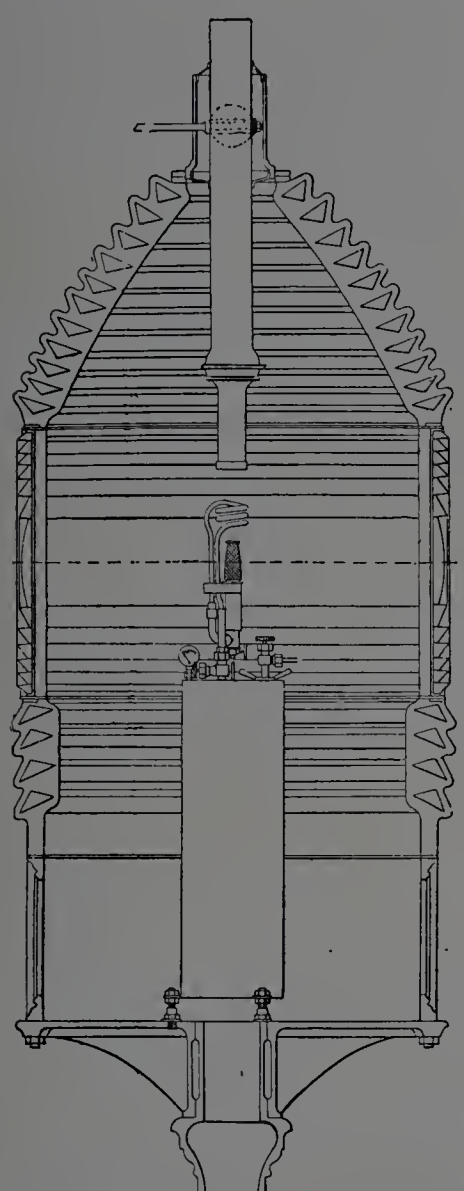


Fig. 48.

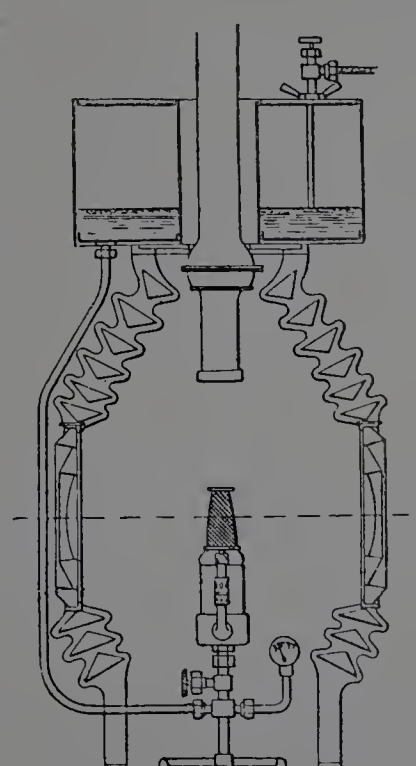


Fig. 49.

installation assez importante et fonctionne presque sans surveillance.

Avec l'éclairage par brûleurs à incandescence, le feu-éclair de 6e ordre est équivalent à l'appareil de 3e ordre, petit modèle éclairé par une lampe à deux mèches ; le 5e ordre se place sur le rang de 2e ordre ; le 4e ordre dépasse l'ancien 2e ordre ; enfin le 3e ordre petit modèle s'élève bien au-dessus du 1er ordre avec lampe à 6 mèches.

Le nouvel éclairage améliore beaucoup les phares des grands ordres et il opère une véritable révolution dans les phares des petits ordres, l'éclat intrinsèque des nouveaux brûleurs à incandescence étant plus puissant avec les manchons de petit modèle.

Dans les nouveaux phares l'appareil optique est supporté par un flotteur à mercure, le glissement sur un liquide remplaçant le frottement sur galets des anciens phares.

Principes de la construction des lentilles de phares.

Les phares doivent projeter à l'horizon une grande quantité de lumière. Pour éviter la dispersion de la lumière émise par la source lumineuse, on doit rendre les rayons parallèles. On forme une *lentille à échelons* ou lentille de Fresnel (fig. 50) afin d'éviter les altérations qui se produiraient nécessairement avec une surface unique, la lentille centrale et tous les anneaux sont calculés pour avoir un foyer commun en F.

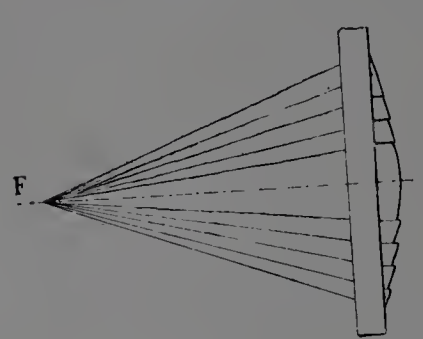


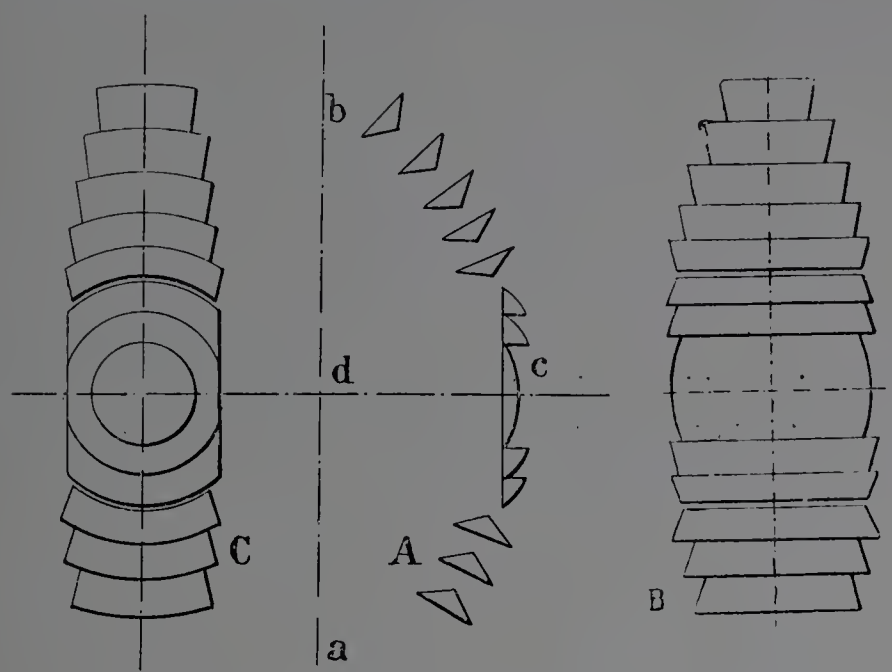
Fig. 50.

Les rayons qui vont du foyer à l'horizon n'ont pas besoin d'être déviés, mais tous les autres doivent subir une déviation d'autant plus grande que l'angle qu'ils font avec l'horizon est plus grand, quand cet angle dépasse 40° il faut avoir recours à la réfraction et à la réflexion pour donner à ces rayons une direction horizontale.

On utilise dans ce but des prismes triangulaires en verre (fig. 51) placés de telle sorte que les rayons lumineux qui viennent frapper ces prismes soient complètement divisés et réfléchis, ces prismes ont reçu le nom de prismes *catadioptriques*.

La partie de l'enveloppe qui n'agit que par réfraction est appelée zone dioptrique. La fig. 51 représente en A un profil destiné à produire les effets qui viennent d'être décrits, pour les phares à feu fixe, on fait tourner ce profil autour de l'axe vertical *a—b* pour obtenir des pièces d'optique dites de *panneaux de feu fixe* B, fig. 51. Au contraire pour les phares tournants *phares à éclats* ou *feux-éclairs*, on obtient le tracé des pièces à mouler en faisant tourner ce profil autour de l'axe *c—d*, en C, fig. 51, on voit un panneau de phare à éclats ces pièces se désignent sous le nom de *panneaux annulaires*.

Avec le premier système d'optique la lumière est visible uniformément de tous les points de l'horizon, avec les *panneaux annulaires* la lumière est concentrée à un nombre plus ou moins grand de faisceaux séparés les uns des autres par des intervalles obscurs, certains phares à éclats ont jusqu'à 24 panneaux.



A Fig. 51. B

Pour modifier les effets obtenus on a imaginé des panneaux annulaires à plusieurs éclats, en traçant sur un même panneau deux groupes de lentilles et d'anneaux dont les centres sont séparés par une distance inférieure au rayon des lentilles (A fig. 51).

Fresnel avait imaginé aussi pour produire des éclats de faire tourner devant le tambour optique des phares à feu fixe des lentilles verticales, (B fig. 51) ces lentilles rendent parallèles dans le plan horizontal les rayons lumineux déjà rendus parallèles dans le plan vertical, par l'optique de feu fixe. En tournant autour du tambour optique cette lentille produit la concentration de la lumière en faisceaux parallèles séparés par des intervalles d'ombres, et promène ces faisceaux tout autour de l'horizon.

Un même phare est souvent garni de panneaux de feu fixe alternant avec des panneaux annulaires.

Lorsqu'un phare à feu fixe n'est pas destiné à être visible de tous les points de l'horizon, on installe dans l'angle non éclairé des réflecteurs qui renvoient la lumière qui les frappe aux panneaux d'optique qui leur sont diamétralement opposés et dont l'éclat lumineux est ainsi renforcé.

Les panneaux optiques des feux-éclairs sont du même genre que ceux des phares à éclats mais ils sont en bien plus petit nombre.

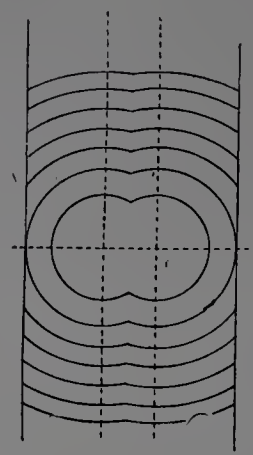


Fig. 52.

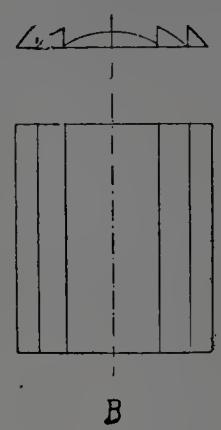


Fig. 53.

Les figures 54 et 55 représentent une vue de face et une coupe verticale d'un feu éclair à deux éclats. Les phares fixes ou tournants sont

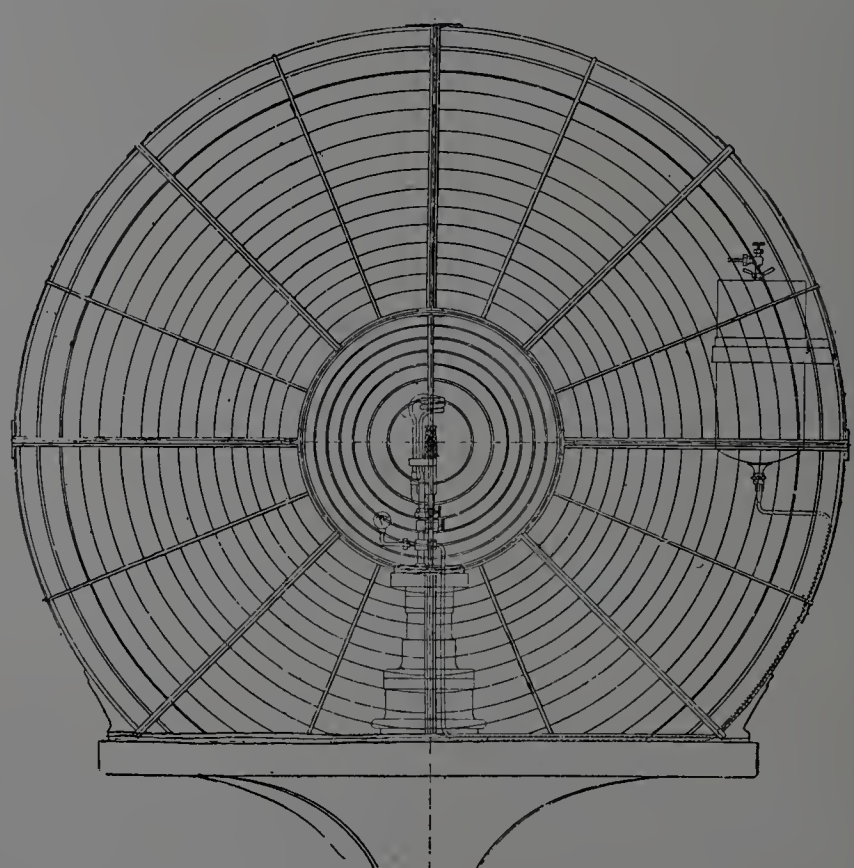


Fig. 54. — Feu éclair à deux éclats (vue de face).

classés en sept ordres, qui sont caractérisés, sauf dans les appareils à éclairage électrique par la distance focale. Les trois premiers ordres ou grands ordres ont $0^m,97$, $0^m,70$, $0^m,50$ de distance focale. Les quatre derniers ou petits ordres ont $0^m,375$, $0^m,250$, $0^m,185$ et $0^m,150$ de distance focale.

La fabrication des pièces d'optique pour les phares est l'objet de soins tout particuliers, le verre soigneusement affiné est puisé dans le creuset et coulé dans un moule en fonte de forme appropriée, puis la pièce est recuite.

Le verre de Saint-Gobain, qui est employé en France pour la construction des phares, a la composition suivante :

Silice	72,1
Soude	12,2
Chaux	15,7
Alumine et oxyde de fer . .	traces
	100,0
Indice de réfraction. . . .	1,54

Ce verre doit à sa forte teneur en silice et en chaux d'être très dur et inattaquable par l'air humide, sa teinte est *légèrement* verdâtre.

Le travail des pièces de verre circulaires qui composent la majeure partie des pièces d'optique pour phares se fait sur des tours horizontaux. La pièce à travailler est fixée par de la poix sur le plateau du tour, puis la pièce est dégrossie à l'aide d'un frottoir en fonte, et de grès mouillé qui est ensuite remplacé par de l'émeri de plus en plus fin, puis on procède enfin au polissage à la potée, le frottoir employé est alors garni de feutre.

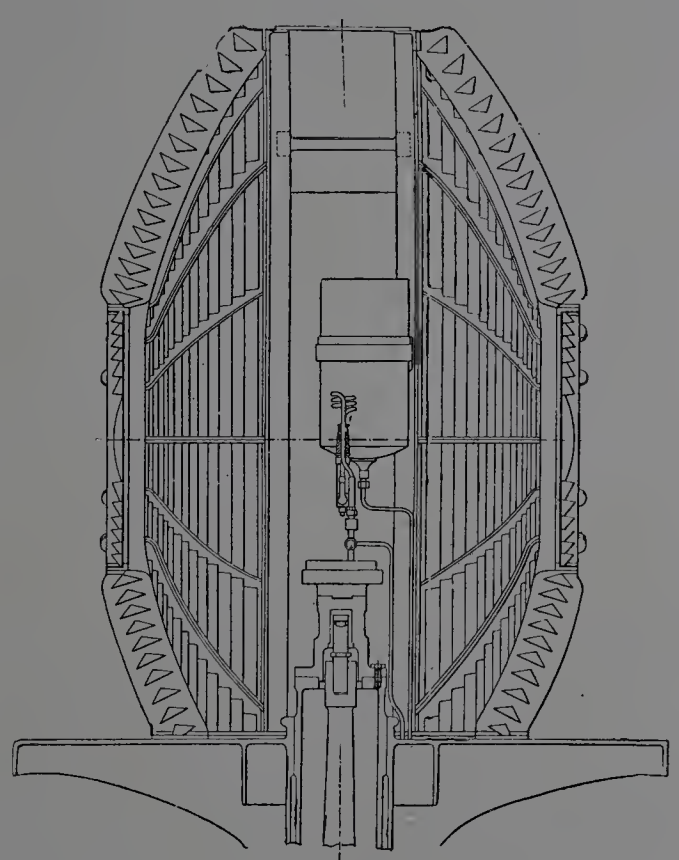


Fig. 55. — Feu éclair à deux éclats (coupe longitudinale.)

Toutes les pièces sont soigneusement calibrées et essayées, il serait sans intérêt de décrire ici tous les procédés de fabrication de la partie mécanique. La construction des phares constitue une industrie importante qui alimente plusieurs usines en France et à l'étranger. Celle de

Fig. 56. — Projecteur Mangin.

MM. Sautter-Harlé et Cie a été le berceau de cette industrie, elle fut fondée en 1825 par l'opticien Soleil qui sous la direction de Fresnel construisit les premiers phares lenticulaires, aujourd'hui les établissements Sautter-Harlé et Cie exécutent tous les travaux se rattachant aux phares et aux signaux sonores et lumineux. Les ateliers de MM. Henry Lepaute et Barbier et Bénard de Paris sont aussi justement renommés. En Angleterre MM. Chance de Birmingham et en Allemagne Shukart de Nuremberg s'occupent également de cette fabrication.

Projecteurs électriques. — L'emploi des projecteurs électriques se généralise de plus en plus, cette fabrication a pris actuellement une très grande importance.

Tous les navires de guerre possèdent des projecteurs en nombre plus ou moins considérable, les ports et les batteries des côtes, les postes des torpilles fixes en sont aussi pourvus. Les navires de commerce et les yachts de plaisance les emploient également.

L'armée de terre les a d'abord employés dans les forts, puis des appareils de petites dimensions d'abord ont été essayés pendant les manœuvres, les services rendus ont engagé à employer des appareils plus grands, et aujourd'hui il existe pour l'armée de terre des projecteurs ayant $0^m,90$ de diamètre. Un moteur à vapeur ou à pétrole monté sur une voiture spéciale actionne une dynamo, le projecteur est monté sur une autre voiture quelquefois sur un affût de pièce.

La fig. 56 représente un projecteur Mangin de $0^m,75$ de diamètre employé par l'armée de terre et construit par la maison Sautter-Harlé et Cie.

Les projecteurs employés sont de deux sortes ceux à miroirs paraboliques et ceux à miroirs aplanétiques; ces derniers sont dûs au colonel Mangin.

Les premiers miroirs sont obtenus par *bombage* d'une feuille de verre épaisse. Un moule concave ayant la courbure du miroir à obtenir est chauffé dans un four, la glace à bomber est placée sur le moule, on cesse le chauffage quand elle s'affaise de la quantité voulue puis on laisse refroidir lentement.

Les miroirs Mangin ou miroirs aplanétiques sont obtenus par coulage-moulage.

La fig. 57 représente deux projecteurs Mangin, l'un de $1^m,80$ de diamètre destiné à la défense des côtes, est à commande électrique à distance ; le deuxième projecteur destiné à l'armée de terre a un diamètre

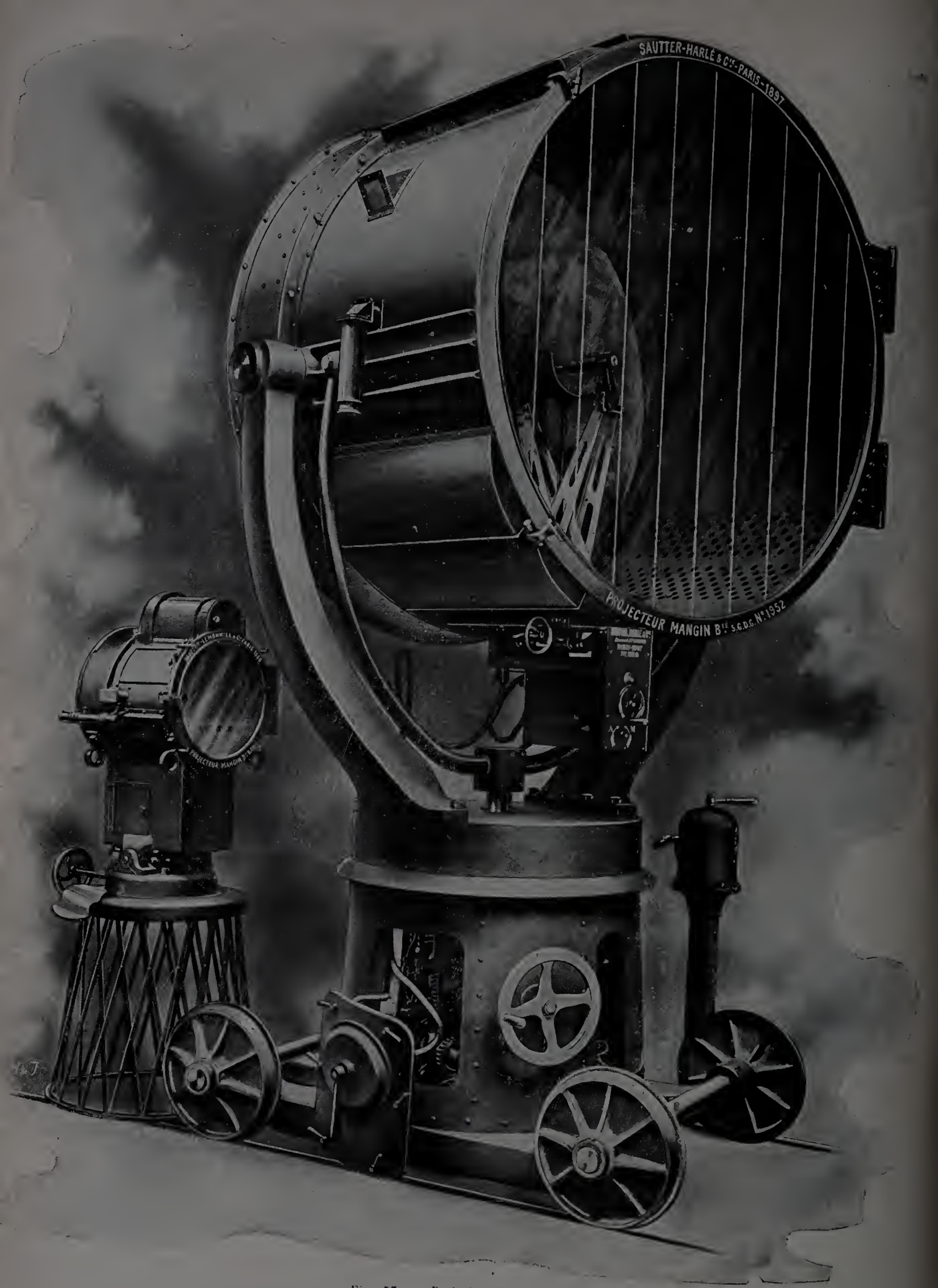


Fig. 57. — Projecteur Mangin.

de 0m,40. Plus de 3,000 projecteurs et réflecteurs Mangin ont été fournis par la maison Sautter-Harlé et Cie.

La France a la première installé sur ses côtes le service régulier et méthodique des phares ; la première elle a tiré parti des miroirs Mangin pour les signaux à bord des navires, puis ensuite pour préserver les navires des surprises causées par les torpilleurs.

Les armées de terre ne se sont pas laissées devancer par les armées étrangères et on peut constater avec satisfaction que dans cette branche de l'industrie et pour assurer à sa défense un élément important, la France est là encore à la tête du progrès (1).

Pour les sous-marins, l'emploi du verre présente également un intérêt de premier ordre. Le verre judicieusement employé est « l'œil du sous-marin ». Le problème de la navigation sous-marine est en partie subordonné à celui de la vision à travers l'opacité des eaux. Il est clair que, si l'eau de mer était douée d'une transparence comparable à celle de l'atmosphère, il suffirait de disposer vers l'avant du sous-marin des hublots assez larges et aux vitres bien nettes, par lesquels le timonier observerait son but pour gouverner sur lui. Mais il n'en est rien, et c'est tout au plus si par les hublots supérieurs pénètre, par un temps clair, assez de lumière pour l'éclairage intérieur du navire. Des observations les plus récentes et les plus précises faites à ce sujet, il résulte que, par un temps très clair et dans une eau limpide, dès que le sous-marin atteint sept à huit mètres de profondeur d'immersion, c'est tout au plus si les hommes placés à l'intérieur peuvent distinguer un objet immergé dans leur plan horizontal, dans un rayon de dix à douze mètres ; encore cet objet apparaît-il comme embrumé et d'une teinte uniforme d'un bleu noirâtre.

Les difficultés de la vision sous l'eau ont été longuement exposées dans une communication faite à l'académie des sciences le 27 mai 1890, par le docteur H. Fol, qui concluait ainsi : « Jamais un bateau sous-marin ne pourra se diriger d'après ce qu'il est possible de distinguer à travers l'eau. Pour peu qu'il soit rapide il ne pourrait pas s'arrêter devant un obstacle qui surgirait subitement dans le cercle restreint de la vision aquatique. Une fois immergé, il ne pourra se guider que sur des directions prises avant de plonger. La navigation sous-marine se trouve resserrée dans d'étroites limites. »

Il est évident qu'après avoir résolu la partie du problème relative à

(1) *Les projecteurs électriques*, « Revue scientifique » ; 19 mai 1894, Jules Henrivaux.

l'équilibre du sous-marin en plongée, c'est-à-dire le principe fondamental de la navigation sous-marine, la première question qui se pose est celle de la vision. On peut l'énoncer ainsi : le but vers lequel on doit se diriger étant choisi et tel qu'il soit, en partie au moins, situé au-dessus de la surface de l'eau, déterminer un système optique tel que cette portion supérieure du but soit visible pour un observateur placé à l'intérieur du sous-marin immergé. Ou, en résumé, ramener la vision horizontale d'une portion de l'horizon à un plan inférieur à celui de l'horizon.

Le tube optique.

Le premier appareil imaginé dans ce but est le tube optique ou primoscope, dont le principe a été formulé par le major Daudenard, qui avait même imaginé et décrit un appareil de ce genre, mais tellement compliqué qu'il n'a jamais pu servir. Le tube optique ayant un champ restreint, ne permettait l'inspection de divers points de l'horizon que successivement; aussi chercha-t-on à réaliser un système optique répondant au même but, mais permettant l'observation d'une image panoramique de l'horizon. Une fois, on a cru y être arrivé par l'invention du périscope, imaginé par le commandant Mangin, puis perfectionné peu après par le colonel Laussedat; mais la déception fut prompte, et il fallut bien avouer que le panorama donné par le périscope était insuffisant et imprécis.

Depuis, les sous-marins ont été dotés d'appareils de vision plus pratiques, et, il y a quelque temps, une dépêche annonçait que, grâce à l'invention d'un nouveau périscope à tube optique à coulisses, comme une longue vue, la profondeur d'immersion des sous-marins, jusqu'ici très limitée, pourrait être sensiblement accrue.

L'idée du tube optique à coulisses n'est pas nouvelle; M. Maurice Gaget, dans son livre sur la navigation sous-marine, a donné la solution d'un système optique à tube à coulisses permettant au sous-marin immergé la vision panoramique exacte de l'horizon. La description et le fonctionnement de l'appareil, dont nous donnons le schéma, sont des plus intéressants et des plus simples.

La masse réfringente qui fournit le miroir conique est représentée en 1. Cette masse assujettie au chapeau C par l'écrou E mobile sur le pas de vis fixe Z est bordée en bas par un ressaut *t* 1, qui glisse dans

un tube t 2, mobile lui-même à frottement dans un tube t3, et ainsi de suite jusqu'au dernier tube t 5. L'appareil forme ainsi un système télescopique dont les tubes s'emboîtent les uns dans les autres, t 4 dans t 5, t 3 dans t 4, jusqu'au prisme 1 lui-même qui vient s'emboîter guidé par le ressaut t 1 dans le tube t 2. Quand l'appareil est complètement fermé, le bord extérieur c' du chapeau C vient s'appuyer contre une rondelle de caoutchouc c, encastrée dans la partie supérieure du dôme de commandement D, où elle forme point étanche.

Tous ces tubes sont poussés dans un sens ou dans l'autre par rapport au dernier tube t5 au moyen de la vis Z dont la tête T s'appuie sur le chapeau C avec lequel elle est jointe de façon étanche par des lames de plomb ou par une soudure faite sur tout son pourtour. Cette vis Z est mise en mouvement dans le sens vertical au moyen du volant V manœuvré au moyen des manettes M et dont le centre est constitué par l'écrou E qui reste toujours au contact avec le point P qui porte la masse réfrigérante 2, tandis que par sa rotation la vis Z s'élève ou s'abaisse, élevant ou abaissant avec elle le chapeau C et les tubes t qu'il entraîne avec lui.

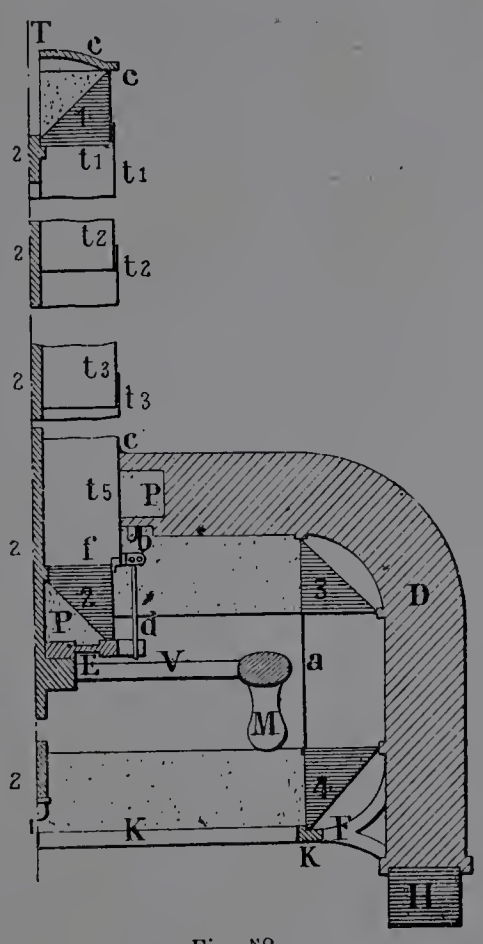


Fig. 58.

Voilà donc tout le système (1, 2) qui peut se développer en hauteur ou rentrer tout entier dans le tube t5. Ce tube t5, qui est relié en f avec la masse 2, est à son tour mobile à travers la partie supérieure du dôme par glissement dans un presse-étoupes p. Quand le système est complètement fermé, le tube t5 se trouve rentré à l'intérieur du sous-marin, et le chapeau C serrant la rondelle de caoutchouc fait corps avec le dôme lui-même. Quant aux masses 3 et 4, elles sont invariablement fixées à la coque du dôme et reliées l'une à l'autre vers l'intérieur par un tube a, qui sert en même temps à consolider leur position et à préserver les faces horizontales des impuretés et des accidents. Des contreforts F portant une couronne K supportent le bas de la masse 3 dans laquelle on observe l'image de l'horizon.

Au-dessous de la partie supérieure du dôme, qui est alors réservée à l'appareil de vision, se trouve la couronne de hublots H qui permettent l'inspection directe de l'horizon quand le bateau navigue en affleurement. Cet appareil très ingénieux n'est pas, d'après M. Gaget un appareil définitif, mais un projet dont le constructeur fixera les détails. L'auteur a voulu seulement poser le principe d'un appareil de vision panoramique sans déformation sensible. Son initiative n'aura pas été vaine, et il aura contribué à la solution définitive de cette partie si importante du problème de la navigation sous-marine.

Les essais du nouveau périscope, dont nous avons parlé plus haut, qui se poursuivent actuellement à Cherbourg, ont donné, assure-t-on, d'excellents résultats ; s'il en est ainsi, nos sous-marins seront bientôt munis de cet appareil qui leur permettra d'évoluer en toute sûreté pendant la plongée, et leurs détracteurs ne pourront plus leur reprocher leur myopie.

CHAPITRE II

VERRES D'OPTIQUE

C'est à Pierre-Louis Guinand, né aux Brenets, en Suisse, que l'on doit les procédés qui permettent d'obtenir, méthodiquement, et à coup sûr le verre d'optique.

Pendant très longtemps on se procurait le verre nécessaire aux opticiens, en choisissant parmi les morceaux de verre ordinaire ceux qui remplissaient le mieux les conditions requises.

Les anglais ont fait de vains efforts pour réussir dans la fabrication de ce verre particulier qui doit être tel que les images ne présentent pas de coloration sur les bords.

Après la mort de Guinand son fils aîné qui était en possession de la méthode de son père, continua la fabrication des verres optiques.

La verre pesant de Guinand a pour densité 3,616; sa composition est la suivante :

Quartz	100 parties.
Rouge de plomb (minium) . .	100 —
Carbonate de potasse	35 —
Salpêtre	2 à 4 —

Le second fils de Guinand forma une association avec M. Bontemps, l'un des directeurs de la verrerie de Choisy-le-Roi; mais les expériences qu'ils firent, de concert, dans cet établissement, ne furent pas couronnées de succès et l'association fut rompue. MM. Bontemps et Thibeaudeau continuèrent leurs expériences d'après le principe de

Guinand, et, en 1828, ils réussirent enfin à produire de bon verre optique en disques de 12 à 14 pouces et une plus grande quantité de verres de petites dimensions. A partir de ce moment la fabrication est certaine, régulière.

En 1848, M. Bontemps fut amené, par les conséquences de la situation politique du pays, à quitter la direction de l'usine de Choisy-le-Roi et à accepter l'invitation de MM. Chance frères et Cie, qui lui offraient de se joindre à eux pour perfectionner cette branche importante de leur fabrication.

On peut juger du succès qu'ont obtenu ces messieurs par ce fait qu'ils ont produit des disques de cristal de 29 pouces de diamètre pesant 2 quintaux, et des disques de verre blanc de 20 pouces.

Ces disques sont très peu colorés, homogènes comme pâte, exempts de tous les défauts qui amènent la polarisation de la lumière.

Les proportions de Bontemps pour le verre optique sont les suivantes :

Pour cristal (flint-glass).

Sable	43,5
Rouge de plomb	43,5
Carbonate de potasse	10,0
Nitrate de potasse	3,0
	100,0

Pour verre blanc (crown-glass).

Sable	100
Carbonate de potasse	42,66
Chaux	21,66
Arsenic	0,25
Salpêtre	2,00

On observera que le verre optique en cristal se distingue principalement par la grande proportion de plomb qui entre dans sa composition. Néanmoins, le point essentiel dans la fabrication consiste à remuer, à agiter constamment le verre pendant la fonte et la fusion. La supériorité de l'idée de Guinand n'est pas dans la nouveauté et les proportions des matières employées, mais dans l'agitation soignée du verre liquide à son plus haut point de fusion, ensuite dans le refroidissement du con-

tenu entier du creuset en une seule masse, et lorsqu'il est recuit et refroidi, dans la séparation des parties striées.

Il est digne de remarque que, quelque temps avant la mort de Guinand, une commission de la Société astronomique de Londres, composée de Herschel, Faraday, Dollond et Roget, fut chargée de faire une enquête sur la fabrication du cristal pour l'optique, et arriva à cette conclusion que le perfectionnement nécessaire serait principalement mécanique et non chimique, et que l'absence des stries ne pourrait être obtenue que par la constante agitation du mélange.

Faraday, qui s'occupa spécialement du plomb, à la fois dans son laboratoire et dans la verrerie de MM. Pellatt, changea néanmoins la composition et produisit un borate de plomb d'une pureté remarquable. Cette substance, connue sous le nom de verre lourd de Faraday, qui est devenue si importante dans les expériences relatives à la polarisation de la lumière par l'action magnétique, est formée des composés suivants :

Protoxyde de plomb	104
Silicate de plomb	24
Acide borique sec	25

Ce verre fond à une très basse température, mais il est trop altérable à l'air et pour cette raison a été abandonné.

Henry Guinand, après s'être séparé de M. Bontemps, fonda une petite usine à Paris et il y obtint des produits remarquables, Arago, Dumas, Thenard, qui suivaient cette fabrication avec intérêt, l'aidèrent à obtenir des récompenses bien méritées (1838-39).

M. Feil succéda à H. Guinand, son grand-père, en 1848, et non seulement soutint dignement la réputation de ses ancêtres, mais M. Feil est reconnu aujourd'hui par tous les astronomes comme ayant été le premier fabricant de verres d'optique.

Le flint de la grande lunette de 29 pouces de l'Observatoire de Paris est de M. Feil ; il en est de même pour l'objectif de 70 centimètres destiné à l'Observatoire de Vienne et travaillé en Angleterre par M. Grubb, de Dublin ; de même pour les objectifs de 60 et de 80 cm travaillés par l'Américain Clarck. M. Mantois — successeur de M. Feil — a fabriqué un disque de $0^m,96$. La plupart des grands opticiens d'Allemagne, d'Angleterre même et d'Amérique, demandent à M. Mantois les verres qui leur sont nécessaires.

Voici quelques compositions de crown et de flint, qui nous ont été données par M. Feil :

Crown.

Pour objectifs de longue vue

D = 2,50

Sable	100
Carbonate de potasse	35
— de soude	10
— de chaux	15

Indice de réfraction, raie D = 1,514

Pour photographie

D = 2,54

Sable	100
Carbonate de potasse	31
— de soude	10
— de chaux	15
Minium	5

Indice de réfraction, raie D = 1,5347

Flint.

Pour objectifs de longue vue

D = 3,60

Sable	100
Minium	105
Carbonate de potasse	14
Nitrate de potasse	6
Oxyde de manganèse (MnO^2)	0,100

Indice de réfraction, raie D = 1,6280

Flint léger pour objectifs photographiques

D = 3,20

Sable	100
Minium	70
Carbonate de potasse	18
Nitrate de potasse	5
Acide borique	6
Oxyde de manganèse (MnO^2)	0,120

Indice de réfraction, raie D = 1,5863

Fabrication. — La fabrication du verre d'optique ne diffère, en réalité, de la fabrication des autres verres que par les procédés employés pour débarrasser le verre des stries qui tendent à s'y produire.

Ce verre est fabriqué dans des petits fours circulaires ne contenant qu'un seul creuset de la forme employée généralement dans les cristalleries — chaque pot ou creuset ne sert naturellement que pour une fonte, puisque le verre reste dans le creuset jusqu'au refroidissement absolu, — d'où il est retiré en une seule masse de 400 kg. environ.

Le verre étant fondu et parfaitement affiné, est brassé, par intervalles, pendant une période variant de douze à vingt-quatre heures suivant la nature du verre, à l'aide d'un cylindre en terre réfractaire de la hauteur du verre dans le creuset, et de 80 à 100 mm de diamètre. Ce cylindre est creux de manière à flotter naturellement à la surface du

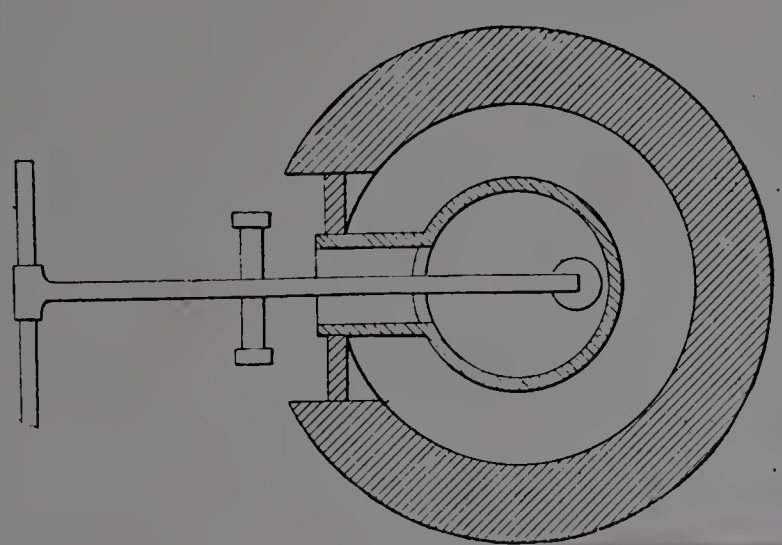


Fig. 59.

verre. L'ouverture pratiquée à la partie supérieure de ce cylindre est carrée, de manière à recevoir l'extrémité d'un crochet en fer supporté à mi-longueur par une servante et que manie un ouvrier placé à l'autre extrémité, à l'aide d'une traverse en bois passée dans l'œil du crochet.

Ce brassage est répété toutes les deux ou trois heures, jusqu'à disparition complète des stries du verre; cette disparition est la conséquence de l'homogénéité parfaite de la masse.

Il va de soi que le brassage du crown-glass est plus rapidement exécuté que celui du flint-glass, et quel que soit le verre à obtenir, la durée de ce brassage augmente avec le poids spécifique du verre qui présente d'autant plus de couches de densités différentes, qu'il est plus dense.

Une fois la masse parfaitement affinée, épurée et brassée, le dernier brassage ayant été conduit jusqu'à ce que la masse de verre ait pris une

assez grande consistance, le creuset plein de verre est retiré du four et mis à recuire dans une arche spéciale. Lorsque la masse est absolument refroidie, le bloc de verre est isolé et à l'aide de faces rendues

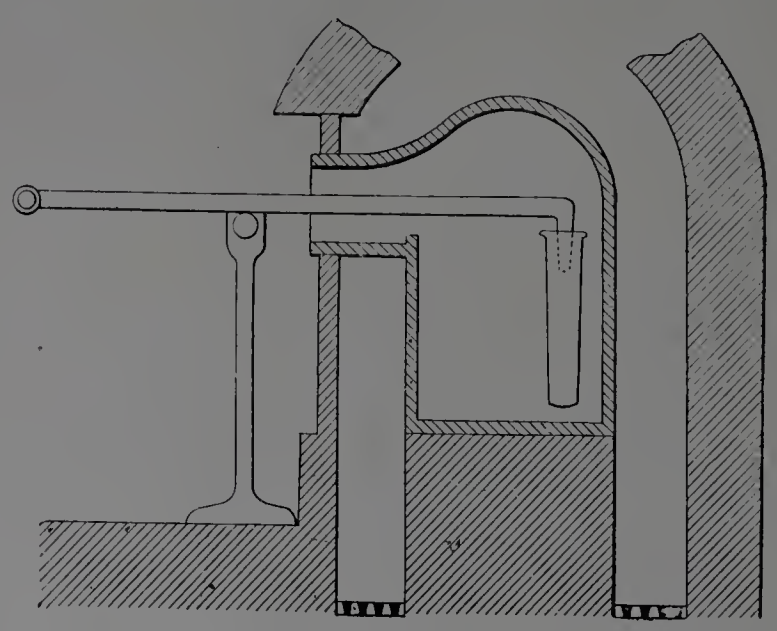


Fig. 60.

parallèles et polies, on examine l'état de pureté de la brasse. Si l'ensemble est satisfaisant et ne présente que quelques petits défauts se trouvant sur les bords, ces défauts sont enlevés à l'aide des sciages partiels.

Une fois qu'on a obtenu un bloc de verre absolument pur, ayant le volume et le poids voulu, il ne reste plus qu'à le mouler, dans une arche spéciale, pour l'amener à la forme du disque demandé.

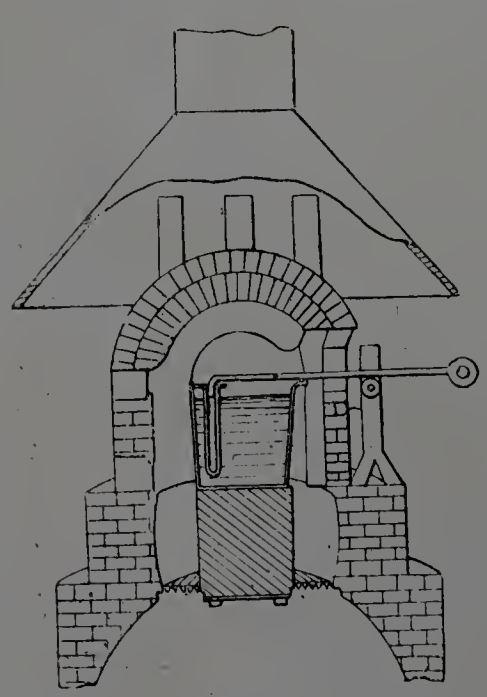


Fig. 61.

Pour les grands disques, cette opération demande de grands soins et un temps assez long pour l'échauffement graduel de la masse que le moindre coup de feu trop précipité ferait voler en éclats.

Quand on a acquis une température assez élevée pour que, à l'aide de certains outils, on puisse manipuler ce morceau de verre (mais sans amener ce verre à une température à laquelle il pourrait s'altérer), on lui fait prendre la forme et l'épaisseur voulues et on clôt hermétiquement l'arche pour que la recuisson soit parfaite. On juge de

la réussite de cette dernière partie de l'opération par l'examen d'un rayon de lumière réfléchi au travers de la masse et d'un prisme de Nichols.

La fabrication des verres d'optique présente des difficultés considérables dont le lecteur pourra se faire une idée par la lecture de la description ci-après qui en est faite par M. Mantois l'habile verrier opticien.

« Les fours de verrerie d'optique ne contiennent qu'un seul creuset; ce sont des fours à réverbère chauffés par une ou deux grilles.

« Le four étant complètement froid et ouvert, on y introduit un creuset en terre réfractaire, parfaitement sec, ayant la forme d'un énorme cylindre, d'un mètre de haut environ, terminé par un dôme et portant sur l'avant une ouverture, en forme de petite porte, appelée la *gueule*.

« On mure ensuite le four, de manière à ne laisser passer que l'extrémité de la gueule du creuset ; c'est par là qu'on introduira les matières vitrifiables et que l'on procédera à l'opération du brassage.

« La contenance des creusets varie de 600 à 1 000 kg., suivant la densité du verre. A grandeur égale, un creuset peut contenir environ 700 kg. de crown ou 1 000 kg. de flint. Ce sont là les deux grandes divisions généralement adoptées pour les verres d'optiques. Malgré des compositions très diverses, on peut dire que les crowns sont des silicates de potasse, de soude ou de chaux et que les flints sont des silicates de potasse et de plomb.

« Le creuset, une fois placé et muré dans le four, est chauffé lentement et en observant les plus grandes précautions pour éviter sa rupture, d'abord à feu doux, puis, de plus en plus fort, pour arriver au rouge blanc au bout de trente heures environ.

« On commence alors à enfourner par la gueule les matières vitrifiables, par quantités successives, en prenant pour base le degré de moussage de la composition. En effet, quand on a introduit dans le creuset un mélange de sable, de potasse, de soude, d'acide borique, de chaux, de minium, etc., il se produit un bouillonnement et un gonflement des matières tels, que si l'on remplissait trop le creuset, la plus grande partie de la composition s'échapperait en coulant dans le four et les foyers. Il faut donc attendre, après un premier enfournement, que les bouillons soient tombés avant d'en faire un second. Il faut de quinze à dix-huit heures d'enfournements successifs pour que le creuset arrive à être complètement rempli.

« Huit à dix heures après le dernier enfournement, le creuset étant complètement plein, la période de l'affinage commence. Jusque là, la matière s'est bien vitrifiée, mais elle est remplie de bulles et ressemble en quelque sorte à de la mousse de savon. On chauffe alors le verre à un degré aussi élevé que possible, suivant sa nature; je puis même dire, quelquefois, à outrance, pendant un certain nombre d'heures. Je dis *à outrance*, car pour certains crowns très durs, on arrive à des températures qui s'élèvent jusqu'au voisinage de 1 600 à 1 800 degrés ; heureux quand les creusets ne se déchirent pas sous l'influence du feu, car, à ces températures, les briques les plus réfractaires arrivent à fondre elles-mêmes, et fours et creusets sont, en bien peu de temps, hors de service.

« Cette période de chauffe varie de vingt à trente heures, au bout de ce temps, on prélève dans la masse des échantillons de verre, au moyen de petites cuillères ; ces échantillons, refroidis rapidement, ont alors la forme de demi-sphères que l'on examine à la loupe, dans des conditions d'éclairage variées ; c'est ainsi qu'on doit juger du degré d'affinage auquel le verre est parvenu.

« Ce n'est qu'après avoir trouvé sans bulles plusieurs échantillons ainsi pris, qu'on arrête, ou du moins qu'on suspend la période de grand feu.

« Le creuset est alors débouché : on enlève une certaine partie de la surface du verre, faisant ainsi ce qu'on appelle l'écrémage. Cette opération a pour but de bien débarrasser le creuset de toutes les impuretés qui auraient pu monter à la surface du verre.

« Il nous faut maintenant procéder à la plus importante de toutes les opérations, c'est-à-dire au *brassage*. Il est nécessaire, en effet, de mélanger toutes les parties vitrifiées d'une façon intime : or, les verres ont une constitution analogue à celle des alliages ; ils sont formés de silicates de composition définie, maintenus en dissolution dans des silicates basiques qui jouent le rôle de fondants et s'opposent à la cristallisation des premiers ; aussi rien n'est moins aisé que d'éviter la séparation de ces éléments hétérogènes et de s'opposer à la liquation qui engendre les fils. Pour obtenir l'homogénéité complète, il faut arriver progressivement, par le moyen du brassage, à mélanger le verre de telle sorte, qu'au bout d'un certain nombre d'heures, quand il sera solidifié, il ait la même composition chimique et la même densité dans toutes les parties de sa masse.

« Dans ce but, on introduit dans le creuset un cylindre en terre réfractaire, en forme de crochet, préalablement chauffé à blanc, dans un four spécial.

« Ce crochet est emmanché au bout d'une longue barre de fer, suspendue elle-même par une chaîne à un point élevé au-dessus du four ; un manche en bois, en forme de traverse, est placé à l'extrémité de la barre ; on peut donc, au moyen de cette traverse et de la suspension, imprimer au cylindre ou agitateur un mouvement de va-et-vient et de rotation et agiter ainsi, dans le creuset, la masse de verre à ce moment aussi fluide que de l'eau.

« Pour ce travail excessivement pénible, comme on peut le penser, quatre hommes, formant équipe, se relaient de cinq en cinq minutes, manœuvant à tour de rôle l'agitateur, suivant les indications qui leur sont données. C'est, en effet, l'expérience seule et de nombreux essais, qui permettent de juger de quelle façon on doit brasser telle ou telle espèce de verre.

« Les hommes ne peuvent pas supporter ce travail plus de cinq minutes sans interruption, surtout pendant les premières heures de brassage, pendant lesquelles le rayonnement de la chaleur est tel qu'ils sont obligés de porter des gants et des manches en toiles d'amiante ; de plus, la sueur du front leur coule dans les yeux et les aveugle momentanément.

« Si au bout d'un certain temps de brassage, une heure ou deux par exemple, il se reproduit des bulles dans la masse de verre, on arrête le brassage, on retire l'agitateur, on bouche de nouveau le creuset que l'on recommençe à chauffer à nouveau, jusqu'à ce que les prises d'échantillons indiquent que les gaz ont disparu.

« Supposons qu'il ne s'en soit pas reformé, on continue le brassage et ce, pendant dix à quinze heures, en ayant soin, pendant ce temps, d'abaisser progressivement la température en diminuant le feu méthodiquement.

« Après les premières heures de brassage, le verre, de très fluide qu'il était, s'épaissit et devient de plus en plus pâteux, jusqu'à acquérir une consistance telle, qu'il devient très difficile de remuer l'agitateur.

« Lorsqu'il n'y a plus à craindre que la température remonte et qu'il se produise une nouvelle séparation des éléments du verre, on retire avec précaution l'agitateur et on jette bas les feux.

« Pendant cinq ou six heures, la totalité du verre est abandonnée à un refroidissement rapide, jusqu'à ce que sa surface, frappée par un instrument de fer, rende un son franchement cristallin. Le four est alors bon à boucher.

« Après avoir, pendant cinq ou six heures, cherché par le refroidis-

sement rapide, une solidification complète, il faut maintenant recuire la masse pour éviter ce que l'on nomme *la trempe*.

« Un bloc de verre refroidi trop rapidement se trouve, à la sortie du four, dans un tel état de tension moléculaire, qu'il suffit souvent d'un léger choc pour le faire éclater en mille morceaux comme une simple larve batavique. Le recuit a donc pour but d'éviter, autant que possible, cette tension moléculaire.

« Pour arriver au refroidissement lent, on mure complètement le four et ses foyers, on l'isole de telle façon qu'aucun courant d'air ne puisse le frapper brusquement. Pour les fontes de verres ordinaires, le refroidissement dure de dix à quinze jours et quand dans les fontes spéciales on cherche à obtenir de gros blocs, on maintient la durée du refroidissement jusqu'à un mois et même six semaines.

« Au bout de ce temps, la masse du four étant complètement froide, on l'ouvre et on isole le creuset dans lequel le verre s'est brisé en morceaux plus ou moins gros.

« C'est encore là une des grandes différences qui existent entre la fabrication du verre ordinaire et celle du verre d'optique. Ainsi, au lieu de pouvoir se servir d'un creuset pendant plusieurs semaines en y faisant des fontes successives, comme dans la verrerie ordinaire, le verrier d'optique se trouve dans la nécessité de perdre le creuset à chaque opération.

« Après avoir sorti tous les morceaux de verre contenus dans le creuset, des ouvriers spéciaux étudient à la loupe chaque morceau séparément.

« On est bien parvenu par le brassage, à mélanger le verre d'une façon absolument intime, mais malheureusement, pendant la solidification progressive, on a formé des couches de ces fils. Il est en effet facile de comprendre que les parois et la surface du creuset se sont refroidies plus vite que le centre et le fond, et que pendant les dernières heures du brassage, le tour et la surface se solidifiant progressivement ont cessé d'avoir un mouvement proportionnel à celui des parties les plus chaudes; il s'est alors produit un glissement circulaire des molécules du verre, qui donne, sur une épaisseur de 10 cm environ, un véritable enroulement de fils excessivement fins.

« En outre, en retirant l'agitateur que l'on a ramené le plus près possible de la paroi du creuset, on a produit dans la masse une espèce d'arrachement qui ne peut mieux se comparer qu'à celui d'une cuillère dans un pot de mélasse.

« Tout compte fait, on doit donc s'attendre, malgré tous les soins, à trouver dans ces blocs de verre des parties souillées de fils qui représenteront souvent 50 0/0 de la masse totale.

« Les morceaux sont donc étudiés séparément à la loupe en utilisant un éclairage spécial qui permet de découvrir aisément les parties qui renferment des fils et qui sont enlevées soit au marteau, soit avec des meules de fonte sur lesquelles tombe du silex en poudre ou de l'émeri.

« Une fois reconnus bons, ces morceaux sont placés, suivant leur grosseur, dans des moules en terre réfractaire et portés dans les fours de moulage.

« Ces fours de moulage, contrairement aux fours de fusion, ne sont chauffés qu'à des températures relativement basses, c'est-à-dire ne dépassant pas 800 à 900 degrés. Dans ces fours, les blocs de verre s'échauffent lentement jusqu'à se ramollir et à s'étaler dans les moules dont ils prennent la forme.

« Cette opération demande une grande surveillance de la part de celui qui la conduit ; en effet, il faut bien ramollir le verre, mais il faut bien se garder de le laisser rentrer en fusion, car le travail chimique recommencerait, et, par cela même, le bouillonnement : tout serait perdu.

« Après le moulage du verre, on le recuit avec des précautions analogues à celles qu'on a prises pour les creusets entiers, et une fois les fours refroidis, les plateaux sont retirés de leurs moules et polis sur les tranches, examinés de nouveau et enfin livrés à l'opticien.

« Il nous suffira de dire que ces plateaux peuvent être coupés en morceaux et moulés de nouveau suivant les courbes que nous aura indiquées l'opticien. En prenant les mêmes précautions que pour le premier moulage, on peut faire varier la forme des verres suivant les moules que l'on emploie.

« Nous allons suivre le travail qu'il nous a fallu effectuer pour arriver à produire la grande lentille de crown de $1^{m},05$ de diamètre de l'objectif du grand équatorial de M. Yerkes, à Chicago.

« Au mois de décembre 1887, j'avais la satisfaction de trouver, dans un de mes creusets, un énorme bloc de crown qui, après un premier examen, me sembla assez pur pour fournir la matière du grand disque. Ce bloc fut extrait du four et amené sur un chariot (fig 62) ayant encore adhérents les morceaux du creuset, ainsi que vous pouvez le voir en examinant sa base.

« Après un premier travail d'épluchage (fig. 63), un examen plus minutieux par les cassures ayant confirmé mon opinion première, je fis

Fig. 62. — Bloc de crown à sa sortie du four.

scier sur deux côtés parallèles des tranches de verre (fig. 64) pour me permettre de faire des facettes polies facilitant un examen approfondi.

« Le bloc pesait alors 240 kg. et présentait l'aspect de la fig. 65 après qu'on eût poli ses deux faces.

Fig. 63.— Bloc de crown après un premier épluchage.

Fig. 64. — Bloc de crown après le sciage de tranches parallèles.

« En faisant passer à travers du verre des rayons lumineux et en l'examinant au collimateur, je découvris un certain nombre de stries, affectant particulièrement son pourtour, et qu'il me fut possible d'enlever au moyen de nouveaux sciages, ainsi que par l'emploi de la meule, comme je l'ai expliqué plus haut.

« Le verre présentait encore après ce travail un certain nombre de défauts, mais trop profondément situés pour pouvoir être atteints. Je me décidai donc à procéder à un premier moulage pour changer la forme du verre et tenter de rapprocher de la surface les défauts profonds.

VERRERIES PARRA-MANTOIS et Cie

iage à l'archet (vers 1880) d'un bloc de verre pour Astronomie.

CARTE POSTALE

« Dans ce but, le verre, placé dans un four à mouler de grande dimension, spécialement construit et installé en vue de ce travail nouveau, fut chauffé lentement et progressivement pour lui permettre de s'étaler en prenant la forme d'un décagone, ainsi que vous le montre la fig. 66.

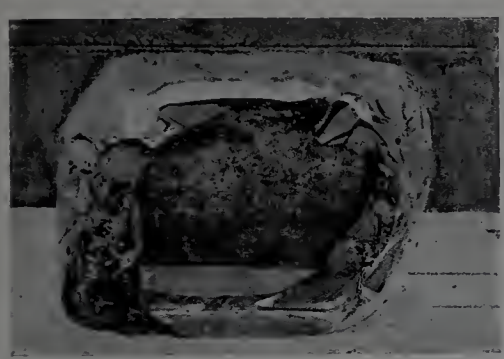


Fig. 65. — Bloc de crown après le polissage de deux faces.

Fig. 66. — Bloc de crown après son moulage en décagone.

« Après un refroidissement méthodique de plusieurs semaines, pour éviter la rupture et la trempe, le bloc de verre fut sorti de nouveau pour être poli sur les côtés et les plats.

« Ce premier moulage est certainement l'un des plus dangereux ; car on conçoit que l'énorme épaisseur du bloc permet difficilement à la chaleur d'arriver jusqu'au cœur sans occasionner sa rupture, et c'est un accident qui m'est arrivé malheureusement bien souvent.

Fig. 67. — Bloc de crown éclaté dans le four pendant le moulage.

« La fig. 67 montre les éclats d'un bloc de crown brisé dans le four au moment où sa température allait, après plusieurs jours de chauffage, atteindre le rouge sombre.

« Un nouvel examen de notre verre, moulé en décagone et poli sur toutes les faces, me fit découvrir que les stries que je n'avais pu atteindre

affectaient une partie des deux surfaces, mais sans aller jusqu'au centre.

La fig. 68 montre le travail d'enlèvement du verre que j'ai dû faire à la meule pour conserver les parties bonnes, en enlevant les stries ou fils. On peut déjà se rendre compte de la perte énorme subie par notre morceau primitif.

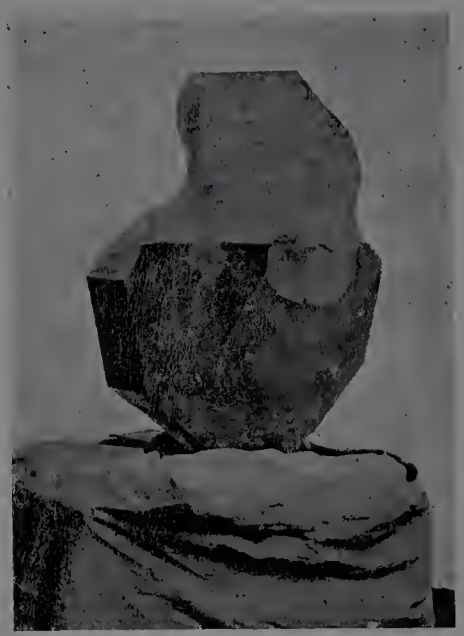


Fig. 68.— Bloc de crown après l'enlèvement à la meule des parties défectueuses.

Fig. 69. — Aspect du bloc de crown après un second moulage.

« On remarquera sur le côté gauche, vers le sommet de la figure, une partie rentrante en demi-cercle. Il restait encore un groupe de fils dans le fond de ce creux, mais je ne pouvais les enlever à la meule, sans crainte de voir le verre former un pli, en se refermant sur la courbe pendant le moulage.

« Avec les mêmes précautions que précédemment, le bloc fut moulé une seconde fois, suivant la forme indiquée fig. 69.

« Au moyen de la meule, on enleva la partie des fils qui était restée. Un examen nouveau, après polissage complet, ayant encore montré la présence de stries ne pouvant disparaître qu'en partie, un nouveau moulage eut lieu et amena le verre à la forme indiquée fig. 70. Cette dernière transformation ayant permis d'amener presque aux surfaces ce qu'il restait de stries, on put les faire disparaître en enlevant les parties défectueuses du verre aux endroits qui apparaissent en teinte plus sombre dans cette figure.

« Après cette série de transformations, il nous restait un bloc de crown absolument pur, ne pesant plus que 145 kg., au lieu de 240 qu'il

pesait à l'origine du travail et ayant par conséquent perdu près de 40 0/0 de son poids primitif.

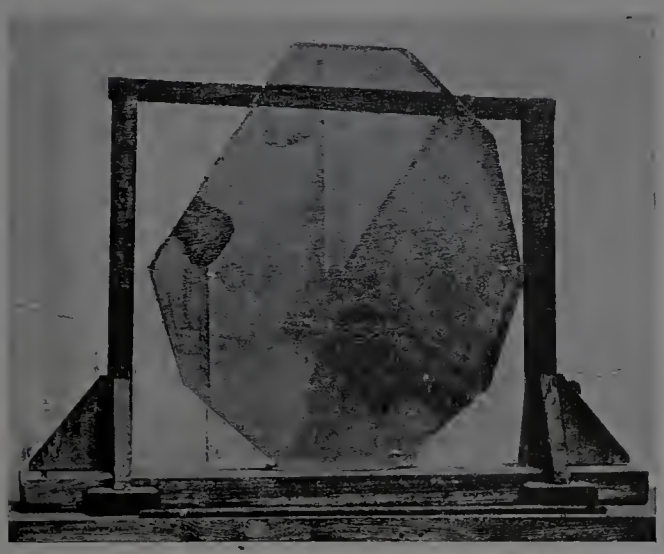


Fig. 70. — Aspect du bloc de crown après le troisième moulage.

« Ces moulages successifs, quoique présentant de sérieuses difficultés, n'offraient cependant que peu de risques en comparaison de la dernière opération qu'il fallait exécuter.

« Par le dernier moulage, en effet, nous devions donner au verre sa forme définitive de lentille plan-convexe et faire étaler notre crown dans un moule présentant la courbure voulue, en passant par tous les risques de rupture et de bouillonnage.

Fig. 71. — Bloc de flint-glass éclaté dans le four après le dernier moulage.

« Le danger de rupture était d'autant plus grand ici que le bloc de 145 kg. ne pouvait porter que par ses extrêmes bords sur la surface concave du moule. La fig. 71 montre l'accident qui m'arriva plus tard en procédant au moulage d'un bloc de flint-glass que je destinais à faire la lentille concave de ce même objectif, et qui fut brisé et totalement perdu après de longs mois d'un travail semblable à celui que je viens de décrire pour la lentille de crown.

« Le moule préparé pour notre verre pesait environ 500 kg. Il avait déjà plusieurs fois subi l'épreuve du feu et il avait déjà servi à mouler, à titre d'essai, une lentille de crown de $1^m,05$.

« Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que la fabrication d'un moule semblable demande au minimum deux mois, pour le séchage de la terre et sa cuisson.

« Au moment de commencer le dernier moulage, le moule en question se rompit en deux morceaux pendant son introduction dans le four. Ne voulant pas retarder de deux mois notre opération, nous rapprochâmes les deux parties avec le plus grand soin et les entourâmes d'un cercle de fer fortement boulonné.

« Le bloc de verre fut ensuite placé dessus, le four muré et le chauffage commença. Au bout de dix jours, le verre, convenablement ramolli s'était étalé dans son moule et la lentille était terminée (fig. 72).

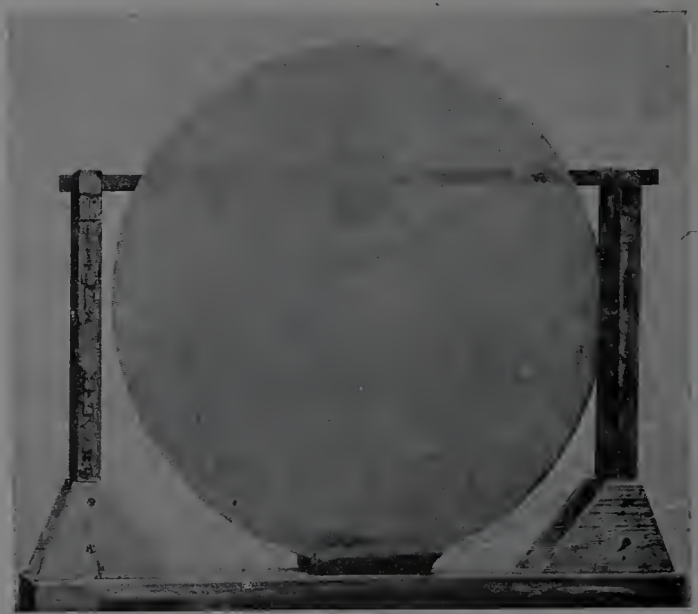


Fig. 72. — La lentille do crown de $1^m,05$ de diamètre après le dernier moulage.

« On procéda ensuite à la recuisson et au refroidissement, très lent, qui dura plus de trois semaines. Après ce temps, la maçonnerie du four étant presque froide j'ent'rouvris avec précaution l'un des regards, en éclairant l'intérieur du four et j'éprouvai une violente émotion en apercevant une grande ligne noire coupant le disque par son diamètre. Mais je reconnus bientôt que cette raie noire était produite par la cassure du moule. Par l'effet du chauffage, le cercle de fer retenant les morceaux du moule s'était dilaté; le poids du verre avait fait écarter légèrement les deux parties et, en se liquéfiant, s'était introduit dans la fente. Pendant le refroidissement, l'effet contraire s'était produit : le cercle de

fer, resserrant énergiquement les deux pièces de terre qu'il avait laissé disjoindre pendant sa dilatation, provoquait la cassure de la partie du verre qui avait coulé dans la fente.

« Tremblant de voir le disque lui-même se rompre, le four fut immédiatement débouché, des couvertures de laine jetées sur le verre encore chaud, et malgré la température, plusieurs ouvriers et moi, armés de limes et nous remplaçant toutes les minutes, à tour de rôle, nous entreprîmes de scier le cercle de fer. Après un quart d'heure, ce dernier se rompait si bruyamment que nous croyions le verre définitivement brisé. Les couvertures enlevées, j'eus l'immense satisfaction de voir qu'il n'en était rien.

« Le four fut rapidement rebouché pour laisser le refroidissement s'achever lentement. Enfin, huit jours après, la lentille était sortie, et le dernier travail de polissage commençait.

« Une fois le verre terminé, on procéda aux examens définitifs, au point de vue de la pureté de la matière et de l'absence de trempe, et ce disque, pesant alors 132 kg. figura à l'Exposition de 1889.

« Vous voyez, par ces détails, que le travail de cette lentille, commencé en 1887, se terminait en mai 1889, et qu'il avait fallu près de dix-sept mois pour le mener à bien ».

Nous ajouterons que, grâce aux efforts et à l'habileté de M. Mantois, dont le désir est de fabriquer toujours de plus en plus grand, on peut être assuré que le monopole de la fabrication des plus grands miroirs astronomiques est pour longtemps assuré à notre pays.

Nous n'insisterons pas sur la fabrication du crown-glass, car il est démontré que le verre à glaces de Saint-Gobain, convenablement choisi en remplit parfaitement le rôle : nous en donnons, d'ailleurs, la composition à l'article des Phares.

Ce verre doit être capable de résister à diverses causes d'altération : contact de l'air humide, changement de température, etc. La sécurité de résistance du verre est très importante pour les grands instruments d'astronomie; une mauvaise composition compromet non seulement la matière, mais la taille des objectifs, taille longue et dispendieuse. Plusieurs disques ont été remplacés dans certains observatoires, ce qui indique que cette condition de résistance du verre n'est pas très simple à réaliser.

Compositions employées chez MM. Chance, de Birmingham.

On se sert généralement de cinq sortes de verres d'optique :

2 sortes de crown-glass,
3 sortes de flint-glass.

Le crown glass tendre dont la composition est la suivante pour objectifs de photographie : Sable . . . . . 100 Minium . . . . . 9,46 Carbonate de potasse 45 Chaux . . . . . 9,46 Salpêtre 1,89	Densité . . . . . 2,558 Indice de réfract., raie rouge. 1,522 Pouvoir dispersif 0,0332
Le crown-glass dur, pour télescopes, préparé spécialement à l'origine par Voegtlander, de Brunswick, en 1853 : Sable . . . . . 100 Carbonate de potasse 42,66 Chaux . . . . . 21,66 Salpêtre . . . . . 2,00 Arsenic 0,75	Poids spécifique . . . . . 2,488 Indice de réfract., raie rouge 1,507 Pouvoir dispersif 0,03082
Le flint léger pour photographie : Sable . . . . . 100 Minium . . . . . 67 Carbonate de potasse. 30 Chaux . . . . . 0,41 Salpêtre 3,33	Poids spécifique . . . . . 3,200 Indice de réfract., raie rouge. 1,575 Pouvoir dispersif 0,0475
Le flint lourd pour télescope : Sable . . . . . 100 Minium . . . . . 105 Carbonate de potasse 26,66 Salpêtre . . . . . 4,8 Chaux 0,17	Poids spécifique . . . . . 3,641 Indice de réfract., raie rouge. 1,620 Pouvoir dispersif 0,0550
Le flint extra-lourd pour microscopes : Sable . . . . . 160 Minium . . . . . 128 Carbonate de potasse 25 Salpêtre 2	Poids spécifique . . . . . 3,800 Indice de réfract., raie rouge. 1,643 Pouvoir dispersif 0,0594

Qualités à exiger des verres destinés aux objectifs. — L'opticien exige des verres destinés à la construction des objectifs d'être aussi incolores que possible (plutôt jaunes que bleus), sans stries ni fils, homogènes, et peu trempés.

Pour vérifier la qualité d'un verre, il suffit de placer ce verre, après l'avoir grossièrement poli, devant l'objectif d'une lunette. En recevant dans l'œil le faisceau lumineux provenant d'une petite flamme placée à une distance convenable, on aperçoit les défauts qui se révèlent par des différences d'intensité lumineuse. Les moindres différences de densité sont ainsi aperçues très facilement.

L'astronome demande que l'objectif soit *aplanétique*, c'est-à-dire qu'il donne *en un point* les foyers des rayons lumineux faisant partie d'un faisceau parallèle incident, quelle que soit la direction de ce faisceau par rapport à l'axe optique de l'objectif.

Détails pratiques sur la taille des lentilles. — Quand la lentille n'atteint pas de grandes dimensions, le travail des surfaces ne présente pour ainsi dire aucune difficulté.

On commence par préparer quatre paires d'outils en cuivre un peu

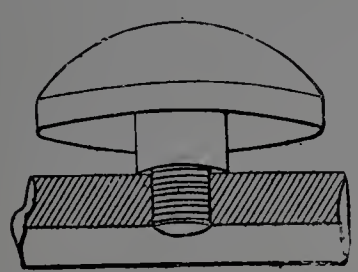


Fig. 73.

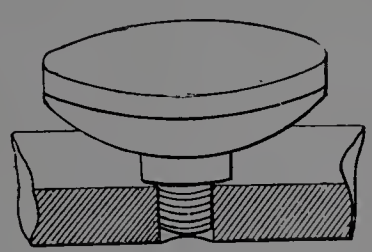


Fig. 74.

plus grands que les verres à travailler, on leur donne au tour la courbure voulue et on les réunit *balle* et *bassin* (fig. 73-74) en les frottant l'un sur l'autre avec de l'émeri de plus en plus fin. Les verres étant mis d'épaisseur, dégrossis et débordés, on les rode à l'émeri et à l'eau sur les outils de cuivre jusqu'à ce que la surface ait pris un douci très fin et très régulier. Ensuite, on colle sur lesdits outils une feuille de papier, le plus propre et le plus régulier qu'on puisse se procurer (le papier albuminé employé par les photographes convient fort bien). On l'imprègne de tripoli très fin et par le frottement prolongé sur ce polissoir, on éclaircit la surface du verre qui finit, avec le temps, par prendre un poli parfait.

Le prix des bassins augmentant dans une proportion rapide, leur poids devenant considérable et l'adhérence énorme qui se produit entre le verre et le métal lorsque l'on travaille de grandes surfaces rendent le travail de plus en plus pénible et de plus incertain. Foucault a ima-

giné de supprimer les outils de métal et de travailler les lentilles *verre sur verre*. Dès lors, les frais d'établissement ne consistent plus que dans l'acquisition de quelques disques en verre de grandeurs proportionnées à la pièce que l'on veut entreprendre.

Le travail des lentilles destinées aux grands objectifs astronomiques s'exécute sur un *poste* solidement établi, sorte de pilier isolé de toutes parts et qui supporte les outils de verre préalablement amenés à la courbure. Verticalement au-dessus de ce poste, on fixe au plafond un fort piton où s'accroche un ressort en hélice capable de supporter le poids de la lentille à travailler. L'outil en verre étant fixé sur le poste, on étend à sa surface un émeri un peu grossier délayé avec de l'eau, on dépose avec précaution la lentille par-dessus et l'on use les deux verres l'un sur l'autre, en ayant soin de varier les mouvements, de manière à distribuer également l'action dans tous les sens. Peu après, l'émeri s'écrase et pour éviter qu'il ne se dessèche, on l'humecte de temps en temps d'eau projetée en gouttelettes. Mais à mesure que le travail se prolonge, l'émeri perd son mordant, et parce qu'il devient de plus en plus fin, et parce qu'il s'encombre de parcelles détachées à l'une et à l'autre surface ; au bout d'un certain temps, l'ouvrier reconnaît qu'il convient de relever la pièce, d'éponger les deux surfaces et de renouveler l'émeri.

Les premiers émeris sont destinés à produire la réunion des surfaces ; on reconnaît que ce résultat est atteint à ce que les parties se meuvent indifféremment l'une sur l'autre dans toutes les directions.

On emploie alors des émeris de plus en plus fins qu'on désigne dans le commerce par le temps ou le nombre de minutes qui en opère la séparation quand on les traite par lévigation dans l'eau. En se succédant entre les surfaces flottantes, ces émeris à une, deux... à quarante minutes communiquent au douci un grain uniforme et velouté dont la finesse se révèle par un ton opalin et demi-transparent.

Pendant cette longue succession des différents émeris, il est indispensable de recourir aux indications fournies par le sphéromètre, car les courbures relatives des surfaces se modifient sans cesse, d'une petite quantité il est vrai, mais dans cette sorte de travail, les millièmes de millimètre ne sont pas négligeables. Le douci étant amené au plus haut degré de finesse et d'uniformité, il s'agit de le transformer en un poli parfait. On connaît plusieurs procédés pour polir le verre, mais celui qui convient le mieux aux lentilles objectives est le polissage au papier et au tripoli. Sur la surface même du disque qui a servi à doucir le mi-

roir, on colle une feuille de papier dont la trame paraisse aussi égale que possible, puis en l'attaquant par une éponge légèrement humide, on détache des parcelles, on *dégarnit* ce papier de manière à soulever une peluche qui, une fois séchée, retient utilement les poudres à polir. Il faut encore passer la pierre ponce pour régulariser le papier, la chasser ensuite avec la brosse, après quoi on étend le tripoli, et le polissoir est prêt.

Le miroir, lavé et séché est disposé sur ce polissoir qui le touche de toutes parts et qui va l'éclaircir aux premiers frottements.

Quand la lentille est entièrement polie, on la démonte et on la soumet à un premier examen optique, et si la surface ne présente pas d'imperfection grave, on entreprend de la ramener par une série de retouches locales à la figure définitive qui doit en faire une lentille objective parfaite.

Les retouches locales, imaginées par Foucault, se font à l'aide de polissoirs preparés de la façon décrite plus haut, mais de dimensions beaucoup plus petites et proportionnés aux défauts qu'il est utile de faire disparaître.

Les plus grandes lunettes astronomiques construites jusqu'à ce jour. — La France a eu, jusqu'ici, le monopole de la fabrication des grands disques astronomiques et astrophotographiques qui ont été réalisés par la maison Feil, petit-fils de Guinand, maison dirigée après *Feil*, par M. *Mantois* qui lui a donné l'essor actuel et qui appartient maintenant à son beau-frère et successeur, M. Parra. La liste suivante donne, avec les dimensions de ses principaux objectifs, le nom des opticiens qui les ont travaillés, ainsi que l'indication des observatoires pour lesquels ils ont été construits :

Objectif pour l'observatoire de Florence. — Travaillé par M. Amici.

Objectif de $0^m,30$ pour la lunette de Bothcamp. — Travaillé par M. H. Schrœder.

Objectif de la lunette d'Evrard.

Objectifs de $0^m,30$ et de $0^m,40$. — Travaillés par M. Secretan.

Objectifs de $0^m,45$ et de $0^m,58$. — Travaillés par M. Alvan-Clark.

Objectif de $0^m,67$ pour l'observatoire de Vienne. — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif de $0^m,40$ pour le Mexique. — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif de $0^m,40$ pour l'observatoire de Bordeaux. — Travaillé par M. Merz.

Objectif de $0^m,74$ pour l'observatoire de Paris.

Objectif de $0^m,40$ pour l'observatoire de Paris. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif de $0^m,81$ pour l'observatoire de Pulkowa. — Travaillé par MM. Alvan, Clark et fils.

Objectif de $0^m,77$ pour l'observatoire de Nice. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif de $0^m,97$ pour l'observatoire de Lick (Californie). — Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif de $0^m,40$ pour l'observatoire de Vienne. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,62$ pour l'observatoire de Paris. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astrophotographique de $0^m,62$ pour l'observatoire de Paris. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astrophotographique de $0^m,88$ pour l'observatoire de Lick (Californie). — Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif astronomique de $0^m,44$ pour l'observatoire de La Plata. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astrophotographique de $0^m,64$ pour l'observatoire de Meudon.— Travaillé par MM. Henry frères.

Huit objectifs astrophotographiques de $0^m,34$ pour les observatoires d'Alger, de Bordeaux, Helsingfors, La Plata, Rio de Janeiro. San-Fernando, Santiago et Toulouse. — Travaillés par MM. Henry frères.

Six objectifs astrophotographiques de $0^m,34$. — Travaillés par Sir Howard Grubb.

Objectif astrophotographique de $0^m,34$ pour l'observatoire de Queen's College, Cork (Irlande). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,39$ pour l'observatoire de l'Université de Mississipi (Etats-Unis). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Trois objectifs astrophotographiques de $0^m,34$. — Travaillés par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,42$. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,44$ pour l'observatoire de Northfield, Minnesota (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Deux objectifs astrophotographiques de $0^m,34$ pour l'Université Brown, Providence, Rhode-Island (Etats-Unis). — Travaillés par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,47$. — Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif astronomique de $0^m,55$ pour l'observatoire de Denwer Colorado (Etats-Unis). — Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif astrophotographique de $0^m,64$ pour l'observatoire de Harward. College (Etats-Unis). — Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif astronomique de $1^m,05$ pour l'observatoire d'Yerkes. (Etats-Unis).— Travaillé par MM. A. Clark et fils.

Objectif astronomique de $0^m,35$ pour l'observatoire d'Yerkes. Université de Chicago (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,47$ pour l'observatoire de l'Université de Pensylvanie. Philadelphie (Etats-Unis).— Travaillé par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,39$ pour Sommers N. Smith Newport (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Quatre objectifs astrophotographiques de $0^m,34$. — Travaillés par par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,84$ pour l'observatoire de Meudon. — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,34$ pour l'observatoire de Beyrouht (Syrie). — Travaillé par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,34$ pour l'observatoire Dudley, Albany (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Objectif astrophotographique de $0^m,39$ pour un observatoire privé à Maidenhead. Berkshire (Angleterre). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Disque prisme de $0^m,65$ pour l'observatoire royal du cap de Bonne-Espérance. — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,69$ pour l'observatoire royal de Greenwich (Angleterre). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,34$ pour un observatoire privé à Tun bridge Wells-Kent (Angleterre). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,39$ pour l'observatoire de Stonyhurst N. Blackburn-Lancashire (Angleterre).— Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,63$ pour l'observatoire royal du cap de Bonne-Espérance.— Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,48$ pour l'observatoire royal du cap de Bonne-Espérance. — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,34$ pour l'observatoire du gouvernement de Perth (Australie). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,34$ pour l'Université d'Illinois (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,40$ pour l'observatoire de Zi-Ka-Weï (Chine). — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astrophotographique de $0^m,40$ pour l'observatoire de Zi-Ka-Weï (Chine). — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,40$ pour l'observatoire d'Athènes (Grèce). — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,39$ pour l'observatoire de Moscou (Russie). — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astrophotographique de $0^m,39$ pour l'observatoire de Moscou (Russie). — Travaillé par MM. Henry frères.

Objectif astronomique de $0^m,30$ pour l'observatoire de Bonn (Prusse). — Travaillé par Steinheil.

Objectif astronomique de $0^m,36$ pour l'observatoire d'Upsal (Suède). — Travaillé par Steinheil.

Objectif astronomique de $0^m,40$ pour l'observatoire de Philadelphie, Pensylvanie. (Etats-Unis). — Travaillé par M. Brashear.

Objectif astronomique de $0^m,63$ pour l'observatoire Radcliffe, Oxford (Angleterre). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astronomique de $0^m,48$ pour l'observatoire Radcliffe, Oxford (Angleterre). — Travaillé par Sir Howard Grubb.

Objectif astrophotographique de $1^m,25$ pour le sidérostat de la Société l'*Optique*. — Travaillé par M. P. Gautier.

Grands télescopes à miroir de verre argenté. — Télescope de l'Observatoire de Paris ; diamètre du miroir : $1^m,20$.

Télescope de l'observatoire de Toulouse : 84 centimètres.

Télescope de l'Observatoire de Marseille : 80 centimètres.

Les disques de verre qui ont servi à faire ces miroirs de télescope ont été fournis par la manufacture de glaces de Saint-Gobain.

La grande Lunette astronomique ou Sidérostat.

Une des attractions scientifiques intéressantes de l'Exposition était cet appareil astronomique de dimensions inusitées, placé dans le palais de l'Optique à proximité de la Tour Eiffel.

Le diamètre de son objectif est de $1^m,25$ et sa distance focale de 60 mètres ; si on pouvait dresser cette lunette verticalement, sa hauteur dépasserait la balustrade des tours de Notre-Dame ; quant à son poids, il est supérieur à 20000 kg.

Il ne pouvait être question de placer cet appareil sous la coupole d'un observatoire à la manière des lunettes courantes, il aurait fallu employer pour cela une construction immense, dont le prix aurait coûté plusieurs millions.

Au lieu de faire varier la position du tube optique, on s'est contenté de trouver un dispositif mobile qui reçoit l'image de l'astre à observer

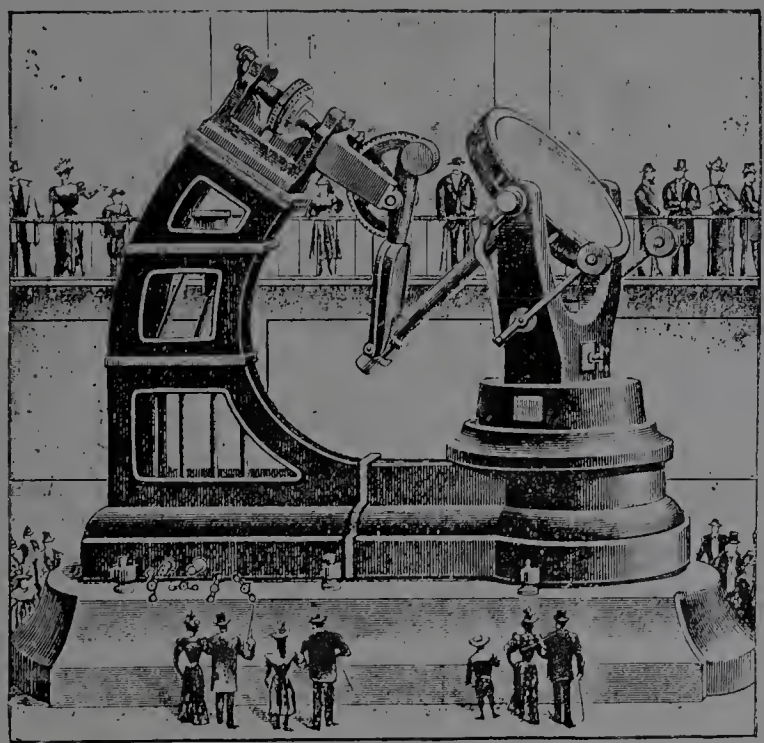


Fig. 75. — Le sidérostat de la grande lunette.

et qui l'envoie toujours dans la même direction; c'est le même principe que le sidérostat de Foucault.

La partie mobile de l'appareil se compose d'un miroir plan qui est mû par un mouvement d'horlogerie disposé de façon que l'image de

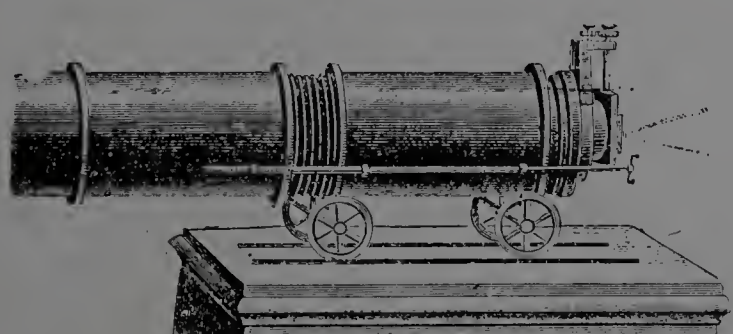


Fig. 76. — Le chariot mobile de la grande lunette.

l'astre soit constamment lancée suivant un même axe qui est constant, celui de la lunette elle-même.

Pour les observations précises, l'astronome peut placer son œil

vers l'oculaire et suivre l'astre pour l'étudier ; mais comme pendant l'Exposition on a cherché à tirer parti de l'appareil, en faisant voir

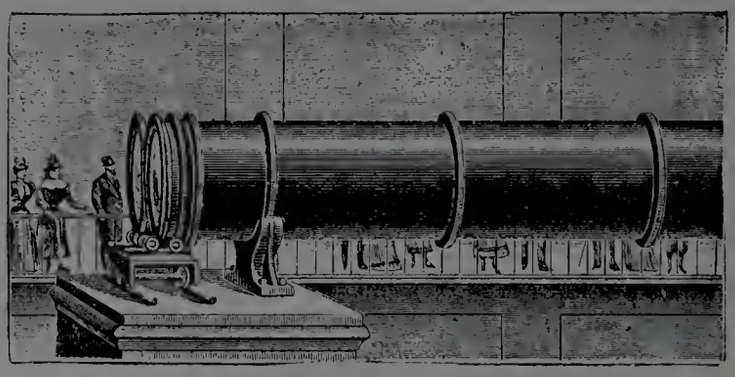


Fig. 77. — L'oculaire de la grande lunette.

les astres à un public nombreux, l'objectif a été disposé de façon à former une image réelle très grande que l'on peut recevoir

Fig. 78. — Vue d'ensemble de la grande lunette.

sur un écran : les visiteurs peuvent alors voir l'étoile sans fatigue, pendant qu'un conférencier en explique les phénomènes.

Une des grosses difficultés de la construction de cet appareil a été d'établir le miroir circulaire qui n'a pas moins de 2 m de diamètre; il importait que cette glace fût d'une planéité mathématiquement parfaite.

La construction de ce miroir à elle seule est une des parties les plus intéressantes de l'appareil; il a fallu étudier, pour arriver à la perfection nécessaire, une machine nouvelle fort ingénieuse. Elle est représentée par la gravure ci-contre (fig. 80).

A, est le disque de verre de 2 m de diamètre, B le rodoir en bronze qui doit donner à ce verre la forme convenable; C est un plateau à mouvement circulaire avec son chemin de fer G, son grain d'acier F et son engrenage moteur E; D est l'équipage animé d'un mouvement de va-et-vient avec les glissières mobiles I, les glissières fixes I'; le chemin de roulement *i* des galets *g*, la vis *m* de descente de l'axe *a* du rodoir B, avec ses vis de rappel *v*; on voit enfin en P les entretoises de réglage de la flèche à donner aux glissières I'.

Une fois cette glace terminée, on l'a installée dans une monture équilibrée de façon à pouvoir opérer des mouvements avec des efforts très réduits malgré son poids de 15000 kg.

L'oculaire est monté sur un chariot de façon à pouvoir le faire mouvoir facilement (fig. 79). A est ce chariot, il est animé d'un mouvement rectiligne à l'aide de la vis W, de l'engrenage I et du mouvement d'horlogerie situé dans la direction E; C est un contrepoids destiné à équilibrer le chariot A; P est une plate-forme mobile, D, D' des cadres mobiles actionnés par les vis V, V'; M est une manivelle de mise au foyer; M' est une manivelle d'entraînement du cercle denté G, I la vis tangente du mouvement d'horlogerie H; R, R sont les roues du tube oculaire circulant sur les rails O, O.

Fig. 79. — Vue de face de l'oculaire

On avait établi au Champ-de-Mars une construction importante pour recevoir cet appareil.

Cette installation est due à l'initiative de M. François Deloncle; l'appareil a été fabriqué chez M. Gauthier qui a construit la partie métallique et a travaillé les lentilles en « crown » et en « flint ».

Ces lentilles de dimensions colossales ont été fondues par M. Mantois Le miroir plan a été fondu à la glacerie de Jeumont sous la direction de M. G. Despret.

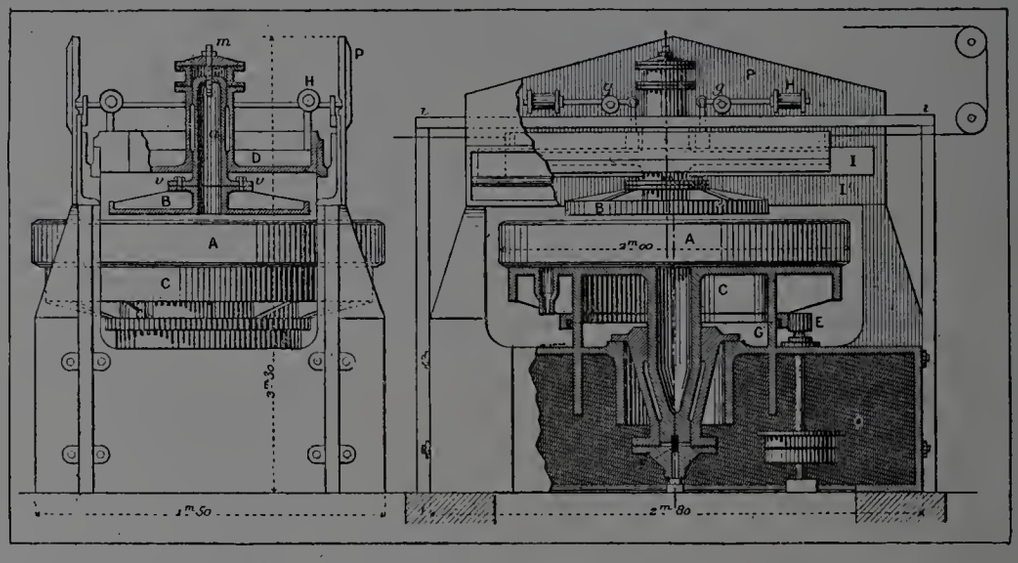


Fig. 80. — Machine à travailler mécaniquement les surfaces optiques.

M. Mantois qui avait à créer la partie la plus difficile de l'appareil n'a pu jouir de son triomphe, emporté par une cruelle maladie, enlevé à l'affection de ses amis, de ses admirateurs à la veille de l'Exposition.

Verres de lorgnettes, dites « jumelles ». — La fabrication des verres de jumelles présente des difficultés spéciales. Une jumelle sert en même temps pour les deux yeux, il est donc nécessaire que ses deux parties soient aussi semblables que possible.

Les plus petites différences que présentent les verres dans leur effet optique se traduisent par une difficulté d'accommodement de la vue, d'abord insensible, mais qui devient bientôt fatigante, insupportable. De là, des précautions minutieuses et la nécessité d'être toujours attentif au choix et à l'appareillage des verres.

De nombreux instruments très délicats ont été inventés pour permettre d'obtenir cette identité des objectifs et afin d'étudier les différences qu'ils peuvent présenter, soit au point de vue de la matière employée, soit au point de vue du travail et des résultats cherchés. M. Lemaire, fabricant à Paris, a poussé ces précautions très loin ; et dans son usine, on y pratique l'appareillage des verres avec un soin tout

particulier, et les résultats obtenus sont incontestables au point de vue de la justesse de division des jumelles qui y sont fabriquées.

Le grossissement des jumelles est limité par d'autres considérations que celles qui dominent dans les instruments monoculaires. Il est limité d'abord par les dimensions des objectifs dont la distance des centres est forcément égale à l'écartement des yeux, et aussi par le système optique de l'oculaire concave, dit de Galilée, qui fait voir les images droites et non renversées. Le diamètre d'un objectif est nécessairement moindre que l'écart des yeux : il est d'environ 67 mm. Mais à ces dimensions-là même, la jumelle est lourde et embarrassante, de sorte qu'on ne peut guère avoir des objectifs dépassant 40 à 45 mm. De même l'oculaire concave, pour maintenir les images droites, et afin de conserver un champ assez étendu, ne peut pas donner un fort grossissement qui fatiguerait trop la vue. On ne doit donc pas demander à une bonne jumelle de grossir plus de cinq à sept fois les objets, et encore ces grossissements sont-ils difficiles à obtenir. Il est une qualité que l'on doit rechercher avant tout et que l'on confond souvent avec la puissance, c'est la *clarté*.

Une bonne jumelle très claire, même lorsqu'elle grossit peu, offre un calme, une tranquillité dans les images qui reposent la vue. La clarté des objectifs dépend du bon affinage, de la limpidité des verres employés, crown ou flint, et également du travail soigné des surfaces réfringentes, de l'achromatisme aussi parfait que possible des surfaces, puis enfin des montures, barillets, bonnettes, etc., qui doivent être parfaitement appropriés aux verres et ne jamais déranger les axes optiques.

Avant de commencer le travail d'un verre (rodage, doucissage, polissage), il est nécessaire de s'assurer que ce verre n'est pas trempé. Un verre fortement trempé ne supportera pas les efforts du travail, il sera brisé en traversant les diverses phases de ce travail, et s'il ne présente qu'une trempe faible, il pourra peut-être subir le polissage, mais il ne formera qu'un mauvais objectif aux qualités irrégulières et instables. Donc, il faut étudier la trempe d'un morceau de verre avant tout autre travail ; pour cela, on se sert d'une propriété des rayons polarisés. Un rayon polarisé est celui dans lequel les vibrations lumineuses s'exécutent en un plan fixe et déterminé : il y a entre un rayon lumineux naturel et un rayon polarisé une différence semblable à celle qui existe entre un pendule conique et un pendule plan. On comprend donc qu'un rayon polarisé puisse traverser sans modifications un corps transparent quelconque, pourvu que ce corps n'altère pas le plan de polarisation ;

mais si ce corps transparent par sa structure intime, change les directions des plans de polarisation, s'il présente des directions qui seront traversées plus ou moins facilement par la vibration lumineuse, le rayon polarisé sera à la sortie différent de ce qu'il était à l'entrée. Un rayon polarisé est donc une sorte d'outil, avec lequel on peut apprécier la structure intime d'un corps transparent. C'est avec un rayon polarisé qu'on peut apprécier si un corps transparent est cristallisé, ou s'il est amorphe ; s'il a subi des actions dissymétriques comme une pression dans un sens déterminé ; enfin, s'il est trempé, c'est-à-dire si le refroidissement a été assez lent pour que les molécules intérieures aient pris leur place normale et régulière.

Pour savoir si un verre est trempé, il suffit donc de l'interposer dans le passage d'un rayon polarisé ; avant l'interposition du verre trempé, le rayon polarisé avait un certain aspect ; il était par exemple éteint. Dès qu'il est mis sur le passage du rayon, l'aspect change, le rayon devient visible, blanchâtre et quelquefois coloré.

L'appareil employé dans cet essai est très simple, il se compose de deux prismes de Nichol, contre lesquels on place le verre à étudier. Le premier Nichol polarise la lumière, le second l'analyse ; on fait tourner celui-ci jusqu'à ce que les plans de polarisation *soient contrariés* et qu'il ne passe aucun rayon du premier Nichol à travers le second. Pour peu que le verre interposé présente quelques points de trempe, ces points seront aussitôt éclairés par le rayon polarisé.

Une composition plus commode encore que l'appareil consiste à se servir du procédé de Nuremberg, et de polariser le rayon par réflexion sur une glace transparente. Le rayon venant horizontalement est rendu vertical par cette réflexion ; il traverse le corps à étudier, se réfléchit sur un miroir horizontal, traverse une seconde fois le corps à étudier et vient s'analyser dans un prisme de Nichol. Ce procédé a l'avantage d'être très sensible, puisque le corps à examiner est traversé deux fois par la lumière polarisée.

Nouveaux verres d'optique.

Charles Feil, qui succéda en 1851 à son grand-père, Henri Guinand, perfectionna dans une large mesure ses procédés de fabrication. Il s'attacha à obtenir des verres d'une très grande pureté, d'une homogénéité parfaite, insensibles à l'action des agents atmosphériques et aussi exempts de trempe que possible. Il réussit à confectionner des lentilles pour ob-

jectifs d'astronomie présentant toutes ces qualités, ayant jusqu'à $0^m,97$ de diamètre (lunette de l'observatoire de Lick, Californie). M. Ch. Feil introduisit également des éléments nouveaux dans la composition des flints et des crowns et créa ainsi des types de verres spéciaux pour les besoins de l'optique. En 1873, il exposa à Vienne, outre de grands disques pour objectifs d'astronomie, des flints et des crowns extra-blancs pour objectifs de photographie, des flints très denses et extra-denses pour prismes et pour objectifs de microscopes. Parmi ces derniers verres, on remarquait un flint dont la densité atteignait 5,50 et qui avait pour indice de réfraction (Raie D) 1,896. C'était le flint le plus réfringent obtenu jusqu'alors. En 1880, M. Ch. Feil étudia plusieurs sortes de verres à la baryte, malheureusement, on ne se préoccupa pas suffisamment, à cette époque, de l'utilisation de ces nouveaux produits et ces types de verres furent laissés de côté jusqu'au moment où on les vit apparaître dans des objectifs photographiques fabriqués en Allemagne.

Au moment de cette apparition, M. Feil venait de mourir. Son associé, M. E. Mantois, qui lui avait succédé comprit l'importance du rôle que les matières dont il s'agit étaient appelées à jouer. Il s'empressa de reprendre les études de M. Feil et, en s'aidant des notes laissées par celui-ci il parvint, grâce à son expérience personnelle et à la collaboration de Verneuil, à mettre à la disposition des constructeurs les différents verres qui entrent dans la constitution des objectifs photographiques et des instruments d'optique les plus perfectionnés. M. E. Mantois s'adonna avec succès à la fabrication des verres pour objectifs d'astronomie. Il fournit, en particulier, ceux de la plupart des objectifs astrophotographiques qui ont servi à confectionner la carte du ciel et on sait que les plus grands objectifs qui existent actuellement dans le monde, sont sortis de l'usine de la rue Lebrun. Parmi ces objectifs, il convient de citer l'objectif astronomique de $1^m,05$ de l'observatoire de Yerkes (Etats-Unis) qui figura à l'Exposition universelle de Paris en 1889 et l'objectif astrophotographique de $1^m,25$ du grand sidérostat exposé à Paris en 1900.

M. Mantois est mort au commencement de l'année 1900 laissant entre les mains de son beau-frère et associé, M. Parra, ancien élève de l'Ecole polytechnique, la verrerie qu'il avait dirigée avec une si grande compétence. L'usine Parra-Mantois produit, outre les flints, des crowns dits ordinaires, des boro-silicates, des flints à la baryte, des baryum crowns, des crowns à haute dispersion, des crowns au zinc, des flints très denses et extra-denses, des verres de didyme et des verres d'urane.

La liste suivante, donnant les valeurs optiques des principaux verres produits en France, indique les progrès réalisés dans ces dernières années, au point de vue de la fabrication [1].

Densité.	Nature des verres.	Indice de réfraction pour la raie D.	Dispersion moyenne de C à F.	D-I / F-C.	Dispersions partielles de A à C.	Dispersions partielles de C à D.	Dispersions partielles de D à F.	Dispersions partielles de F à G'.	Rapports des Dispersions partielles à la Dispersion moyenne de A' à D.	Rapports des Dispersions partielles à la Dispersion moyenne de D à F.	Rapports des Dispersions partielles à la Dispersion moyenne de F à G'.
2,473	Boro-silicate crown	1,51010	0,00795	64,2	0,00283	0,00240	0,00555	0,00444	0,658	0,698	0,558
2,444	Crown très léger	1,50083	0,00824	60,8	0,00287	0,00245	0,00579	0,00466	0,646	0,703	0,566
2,502	Crown léger	1,51159	0,00846	60,5	0,00297	0,00250	0,00596	0,00479	0,647	0,704	0,566
2,540	Crown ordinaire	1,51648	0,00878	58,8	0,00305	0,00259	0,00619	0,00498	0,642	0,705	0,567
2,612	Crown au zinc	1,51052	0,00891	57,3	0,00304	0,00264	0,00627	0,00508	0,637	0,704	0,570
2,610	Crown, haute dispersion	1,51366	0,00943	54,5	0,00322	0,00277	0,00666	0,00541	0,635	0,706	0,574
2,86	Crown lourd	1,54834	0,01123	48,8	0,00376	0,00328	0,00705	0,00659	0,627	0,708	0,587
2,871	Crown très léger	1,53872	0,00898	60,0	0,00308	0,00271	0,00627	0,00508	0,645	0,698	0,566
3,16	Baryum crown léger	1,56992	0,00988	57,7	0,00335	0,00293	0,00695	0,00564	0,636	0,703	0,571
3,606	Baryum crown lourd	1,61086	0,01046	58,4	0,00350	0,00306	0,00740	0,00595	0,637	0,707	0,569
2,951	Flint très léger Baryte	1,54741	0,01024	53,5	0,00347	0,00301	0,00723	0,00592	0,633	0,706	0,578
3,092	Flint léger Baryte	1,56379	0,01012	55,7	0,00345	0,00296	0,00716	0,00580	0,633	0,708	0,573
3,004	Flint très léger	1,55863	0,01230	45,4	0,00409	0,00356	0,00784	0,00726	0,622	0,711	0,590
3,178	Flint léger	1,57812	0,01366	42,3	0,00449	0,00393	0,00973	0,00815	0,616	0,712	0,597
3,471	Flint dense	1,60442	0,01580	38,3	0,00511	0,00451	0,01129	0,00955	0,609	0,715	0,604
3,591	Flint dense	1,61624	0,01687	36,5	0,00540	0,00483	0,01204	0,01025	0,606	0,714	0,608
4,237	Flint très dense	1,69314	0,02225	31,2	0,00691	0,00627	0,01598	0,01382	0,592	0,718	0,621
5,004	Flint extra dense	1,77844	0,02929	26,6	0,00895	0,00818	0,02111	0,01855	0,585	0,721	0,633

(1) Valeurs des longueurs d'onde — en millionièmes de millimètre — des raies spectrales ci-contre désignées . . . . . .

Raies.	A'	C	D	F	G'
Longueur d'ondes...	768,1	656,3	589,3	486,1	434,0

QUATRIÈME PARTIE

LES BOUTEILLES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE DE LA FABRICATION

Au milieu des immenses progrès accomplis dans la plupart des industries pendant le XIXe siècle, l'une des branches de la verrerie, celle qui se rapporte à la fabrication des bouteilles notamment, en était encore, vers 1865, tant pour les fours de fusion que pour le façonnage, aux procédés employés au moyen âge. Cela tient à ce que les essais en verrerie sont toujours excessivement coûteux et décourageants, parce que le verre est une matière difficile à mettre en œuvre.

Mais de 1865 à 1880, les fours à bassin chauffés au gaz avec récupération de la chaleur perdue, furent portés à un tel degré de perfection par Siemens qu'ils se généralisèrent rapidement rendant la concurrence impossible aux verreries qui employaient les fours à creusets, sauf pour la fabrication, peu importante d'ailleurs, des bouteilles de couleur spéciale. Cette transformation des fours à creusets en fours à bassins de grande capacité ayant donné une tranquillité beaucoup plus grande aux Maîtres de Verrerie par la suppression des creusets et entraîné une économie de 50 0/0 sur le combustible mieux utilisé, ils songèrent à améliorer les procédés de fabrication qui, jusque là, avaient été des plus rudimentaires et ne permettaient guère d'obtenir des bouteilles de forme régulière.

En effet, le souffleur se bornait à introduire et à souffler dans un moule ouvert, en argile ou en métal, représenté en (*a*) fig. 81, la masse de verre plastique (*paraison*) qui avait été préparée par ses aides, le

gamin et le grand garçon. Comme ce « fût » servait uniquement à donner la grosseur voulue au corps de la bouteille, l'ouvrier obtenait par son habileté la forme plus au moins allongée ou écrasée de l'épaule. Ces procédés ne permettant pas d'obtenir des bouteilles de forme régulière, certains fabricants, notamment en Allemagne, adoptèrent les moules fermés employés dans les verreries à gobeletterie pour la fabrication des flacons, carafes et bouteilles en verre blanc. En même temps, on substitua en certaines verreries « le bloc » au « marbre » pour la préparation de la paraison. Cette transformation dans les moyens de fabrication des bouteilles ne s'accomplit pas sans difficultés, tant à cause de la routine des ouvriers que par suite de la fatigue qui résultait du tournage de la bouteille dans le moule.

Néanmoins, ce nouveau procédé de moulage des bouteilles, appliqué d'abord en Allemagne, se répandit également en France et dans les autres pays, parce que la bouteille recevant complètement sa forme dans le moule était régulière et, par suite, préférée par le commerce.

L'un des reproches que les souffleurs faisaient au nouveau procédé étant le tournage de la bouteille dans le moule à l'effet de lui donner un plus vif éclat, certaines personnes eurent l'idée de donner un mouvement de rotation au moule. De cette façon, l'ouvrier soufflait la bouteille en la maintenant immobile et le moule était actionné mécaniquement.

Le résultat était le même puisque le verre n'était pas appliqué contre le moule qui tournait autour de la bouteille pendant sa formation.

Ces nouveaux procédés furent brevetés en France par M. Cahuc, M. Aupêcle et M. Boucher. Le moule Cahuc fut employé aux Verreries de Dorignies de 1878 à 1890. Le moule Aupêcle est employé depuis 1880 aux Verreries de Chalon-sur-Saône où il fonctionne encore.

Le moule Boucher fut employé à la Verrerie de Cognac de 1880 à 1893 époque à laquelle il a été remplacé par de nouveaux procédés de fabrication dont nous parlerons plus loin.

Les moules tournants furent également adoptés plus tard par les Verreries de Montluçon et de Folembray où ils fonctionnent encore.

Les progrès accomplis ainsi dans la fabrication permirent de donner aux bouteilles une forme régulière, ce qui n'avait pas lieu en employant les simples *fûts* qui limitaient seulement le volume de la bouteille.

Mais il fallait continuer, comme par le passé, à sectionner le col de la bouteille et à y rapporter du verre pour faire la bague. Enfin la fa-

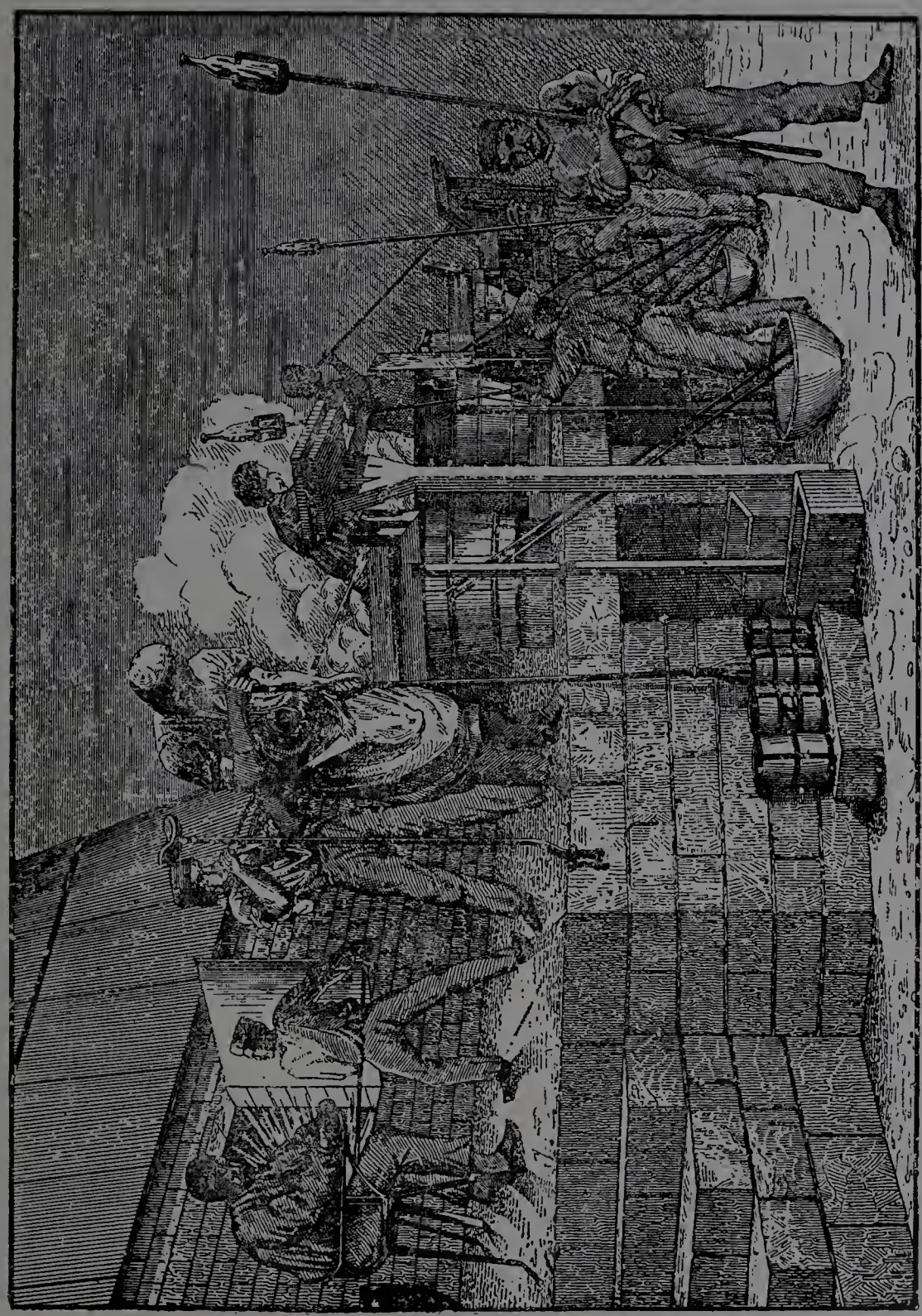


Fig. 81.

brication des bouteilles constituait l'une des professions les plus pénibles et elle exigeait un apprentissage assez long, généralement de sept à huit années.

Cette situation et la difficulté qu'éprouvaient de plus en plus les fabricants à recruter leur personnel, attirèrent l'attention d'un grand nombre d'inventeurs qui se mirent à l'œuvre pour combiner des machines qui permettraient de fabriquer les bouteilles en supprimant le soufflage et les manipulations pénibles qu'exige la mise en œuvre du verre.

La première machine essayée à cette effet fut la machine Ashley, qui fut installée en Angleterre, à Castleford, à partir de 1888. Cette machine fut essayée en France, à la Verrerie d'Escaupont, en 1890, pendant plusieurs mois, sans qu'il fût possible d'obtenir un résultat satisfaisant. Elle fut essayée ensuite à la Verrerie de Folembray avec le même insuccès. Enfin cette machine a été encore essayée en 1896 à la Verrerie de Dorignies-lez-Douai où, pendant une année, tout fut mis en œuvre pour atteindre le but rêvé, mais inutilement, car malgré le concours de l'inventeur et l'emploi de compositions vitrifiables qu'on faisait venir d'Angleterre, on n'obtint pas même un résultat un peu encourageant. En France on essaya deux autres machines pour la fabrication des bouteilles: la machine Vernay et la machine Maussier. La machine Maussier, essayée à Lyon en 1894, donna des résultats tellement négatifs que les essais en furent abandonnés immédiatement.

La machine Vernay fut essayée également à Lyon dans les premiers mois de l'année 1894. Les résultats en ayant été absolument nuls, les expériences furent abandonnées après quelques mois sans qu'il eut été possible d'obtenir une seule bouteille.

Cette machine ayant été ensuite essayée à la Verrerie de Folembray les résultats ne furent pas plus encourageants, malgré le concours du distingué Directeur de cet important établissement.

Enfin la machine Vernay ayant été encore expérimentée pendant plusieurs mois à la Verrerie de Denain en 1895, sans qu'il eut été possible d'obtenir un embryon de bouteille, nous n'en avons plus entendu parler.

D'autres machines furent encore essayées en Angleterre, en Allemagne et aux Etats-Unis notamment. Les plus connues après la machine Ashley sont les machines Dobson, Beckett, Spaull, Hilde, Grote, Heerdt, Severin.

Mais nous savons de sources certaines que malgré l'intelligence et l'opiniâtreté de ces inventeurs ils sont encore bien loin du but à atteindre.

En somme, nous ne connaissons actuellement qu'une machine fonctionnant pratiquement et produisant des bouteilles qui peuvent avantageusement soutenir la comparaison avec les bouteilles fabriquées à la main par les procédés habituels. C'est la machine imaginée par M. Boucher, Maître-Verrier à Cognac, laquelle fonctionne industriellement en Belgique, en Espagne, en France aux Verreries de Carmaux, de Fresnes-sur-Escaut, enfin chez l'inventeur qui, depuis quatre années déjà qu'il travaille industriellement, dans sa verrerie de Cognac, a livré plusieurs millions de bouteilles pour l'exportation des eaux-de-vie si renommées de cette ville. Les premiers essais faits par M. Boucher pour fabriquer mécaniquement les bouteilles datent de 1894.

De 1881 à 1893 les bouteilles étaient fabriquées dans son usine par les procédés classiques, mais moulées dans un moule tournant qu'il avait fait breveter en France le 10 janvier 1881.

Une grève étant survenue à la verrerie de Cognac en 1892, M. Boucher ferma son usine et il entreprit ses premières expériences de fabrication mécanique en 1894. Expériences difficiles, car le verre se solidifie rapidement dans le moule, ce qui ne permet plus de l'allonger pour lui donner la forme désirée, ou bien il réchauffe trop le moule et adhère aux parois. M. Boucher parvint après de nombreux tâtonnements à résoudre ces difficultés en augmentant l'épaisseur des moules en certaines parties et la diminuant sur d'autres points, en faisant des recherches sur les alliages qui convenaient le mieux pour le métal des moules. L'embouchure des bouteilles se brisant fréquemment à la sortie du moule par suite du refroidissement trop brusque, il fit disparaître cet inconvénient en formant « le moule de bague » de deux pièces distinctes : une enveloppe, et le moule proprement dit. Un vide existant entre ces deux parties et rempli d'un corps mauvais conducteur, en maintenant le moule a une température assez élevée, fit disparaître le glaçage des cols.

D'autres perfectionnements furent apportés successivement pour permettre d'obtenir une bonne répartition du verre, le débouchage régulier des cols ; pour faire disparaître le martelage aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bouteilles, enfin pour obtenir des piqûres assez profondes et des jables droits.

Tous ces perfectionnements ont fait l'objet de nombreux brevets obtenus par M. Boucher en France et à l'Etranger.

Voici la liste de ses brevets français relatifs à la fabrication des bouteilles:

27 juin 1894	brevet n° 239.579
8 janvier 1895	brevet n° 244.154
7 Mars 1896	brevet n° 254.709
8 juillet 1896 Certificat d'addition au	brevet n° 254.709
15 décembre 1896.	brevet n° 262.149
9 décembre 1897. Certificat d'addition au	brevet n° 262.149
12 mars 1898	brevet n° 235.737
21 septembre 1898.	brevet n° 281.513
19 octobre 1900. Certificat d'addition	brevet n° 281.513
10 novembre 1900.	brevet n° 305.343
4 février 1901	brevet n° 307.654
9 juillet 1901.	brevet n° 312.474

En étudiant ces nombreux brevets on se rend compte que M. Boucher ayant commencé ses expériences avec une machine d'une grande simplicité, s'est attaché, en perfectionnant cette machine, à obtenir les résultats que donnent les diverses manipulations dans la fabrication classique. Dans son brevet du 4 février 1901 il représente et décrit un appareil qui permet de solidifier le verre de l'ébauche dans sa partie inférieure, pendant qu'au moyen d'un cercle percé de trous, on lance de l'air comprimé sur le col et même en toute autre partie de l'ébauche qui aurait une tendance à s'amincir outre mesure. Cet appareil, dans lequel l'ouvrier reçoit l'ébauche dès qu'elle est dégagée du moule mesureur, permet de répartir le verre d'une facon parfaite et d'obtenir des bouteilles d'une très grande solidité. Enfin, malgré que M. Boucher ait, depuis quatre années déjà, rendu sa machine assez parfaite pour une marche industrielle, puisque depuis 1897 il livre pour l'exportation des eaux-de-vie toutes les bouteilles fabriquées dans son usine de Cognac, il n'a cessé de lui apporter de nouveaux perfectionnements qui sont décrits dans les six brevets qu'il a encore pris en France depuis cette époque.

Je dois signaler principalement son brevet du 9 juillet 1901, dont l'importance est telle que la machine qu'il représente paraît à première vue, complètement différente de la précédente.

Cependant les procédés de fabrication sont identiques avec les deux machines.

Mais la machine décrite dans le brevet du 9 juillet dernier a deux moules mesureurs et deux moules de bague, ce qui permet d'introduire du verre très chaud dans les moules mesureurs et de produire jusqu'à cent vingt bouteilles du poids de 700 grammes par heure, sans que le verre adhère aux parois du moule mesureur, puisque l'un de ces moules se refroidit pendant que l'autre fonctionne.

On peut d'ailleurs se rendre compte des différences notables qui exis-

Fig. 82. — Verrerie de Cognac. Fabrication mécanique en 1900.

tent dans les deux machines système Boucher représentées fig. 83, 85 et 86.

Dix machines du modèle n° 3 fonctionnaient jour et nuit à la verrerie de Cognac lorsque nous l'avons visitée.

Placées à trois mètres du four de fusion, elles étaient desservies par quinze ouvriers : cinq cueilleurs et dix mouleurs.

Chaque cueilleur alimentait de verre deux machines, tandis qu'il y

avait un mouleur pour chaque machine, plus un porteur qui *piquait* la bouteille en repliant le verre du fond dans l'appareil représenté par notre figure et l'emportait ensuite à l'arche de recuisson. Ces trois ouvriers produisent jusqu'à dix-huit cents bouteilles de 700 grammes en dix heures de travail.

Lorsqu'on visite une verrerie à bouteilles on est frappé par l'agglomération d'ouvriers, souffleurs, grands garçons et cueilleurs entassés sur la plate-forme de travail, à côté du four de fusion, dans une atmosphère suffocante. Ces ouvriers ont à peine l'espace nécessaire pour se mouvoir.

A la verrerie de Cognac, au contraire, sept ouvriers seulement, cinq cueilleurs et deux chauffeurs de cannes, se trouvaient sur les plates-formes de travail. Les dix mouleurs travaillaient en contre-bas de ces places, auprès des ouvertures pratiquées dans les murs de la halle. Ces cinq cueilleurs, dix mouleurs et deux chauffeurs de cannes produisaient, en moyenne, sept à huit mille bouteilles de 700 grammes reçues au magasin, après un triage sévère, par poste de dix heures de travail.

Pour obtenir cette production par les moyens habituels il eût fallu 36 ouvriers: 12 souffleurs, 12 grands-garçons et 12 cueilleurs, resserrés sur la place, tandis qu'avec les procédés de fabrication mécanique sept ouvriers seulement se trouvaient exposés à la chaleur qui se dégage d'un four à bassin.

Enfin, dans la fabrication mécanique, le soufflage des bouteilles ayant lieu au moyen d'un compresseur actionné mécaniquement, les ouvriers sont à l'abri des maladies contagieuses transmises si fréquemment, dans la fabrication ordinaire, par les cannes, dans lesquelles les ouvriers soufflent à tour de rôle.

Voici d'ailleurs la copie de la communication faite au dixième Congrès international d'hygiène et de démographie sur la fabrication mécanique du verre, par M. Campredon, ingénieur civil des mines, inspecteur départemental du travail dans l'industrie pour le département de la Charente, lequel, en suivant les travaux de M. Boucher, avait pu apprécier le côté philanthropique de son invention.

Rapport de M. Campredon.

« La verrerie, qui remonte aux temps les plus anciens du monde,
« puisque l'histoire nous a conservé la renommée antique des verres
« de Thèbes, de Memphis, d'Alexandrie, de Tir et de Sidon, est une des

« industries les plus funestes à la santé humaine, vous connaissez tous « certainement, Messieurs, la fabrication du verre, pour l'avoir vue s'élaborer sous vos yeux. Nous nous bornerons donc ici à énumérer les « principales raisons qui permettent de conclure à la nocuité de cette « fabrication et qui expliquent la consommation de vies ouvrières faite « journellement dans cette industrie.

« 1° Tout d'abord, une des premières raisons de nocuité est due à « l'élévation de température des fours à verreries. La fusion et l'affinage du verre nécessitent une température de 1500° et il est facile de « concevoir quelle chaleur peut donner par rayonnement et par conductibilité une pareille température, quelles que soient les précautions « prises et quels que soient les palliatifs employés. En outre, le verre « pâteux cueilli pour la fabrication des bouteilles, gobelets ou vases est « à une température de 900 à 1000°, et ici rien ne peut empêcher le « rayonnement et la conductibilité de cette masse de verre de s'exercer « directement sur l'ouvrier, puisqu'il la puise lui-même et la tient au « bout de sa canne de verrier. Il est vrai que chaque masse puisée est « relativement faible ; mais cette masse se renouvelle constamment « toute la journée et en outre il ne faut pas oublier que l'ouvrier la « tient à proximité du four où il la puise et qu'il subit directement le « rayonnement de ce four. Le travail du verre se fait donc dans des ateliers où la température se maintient entre 45 et 50° et où le corps de « l'homme est constamment en transpiration abondante malgré la « légèreté de son vêtement. Il serait facile d'énumérer tous les inconvénients et toutes les maladies qui peuvent découler de cette température anormale du corps, et qui en découlent effectivement pour la « plupart des verriers, même les plus robustes et les plus solides. »

« 2° Mais ce n'est pas seulement la fluxion de poitrine, la bronchite « ou le refroidissement qui menacent constamment le verrier. La « fabrication du verre lui ménage d'autres perspectives encore moins « agréables et plus redoutables. Nous voulons parler du soufflage du « verre à la bouche avec la canne du verrier. Les inconvénients de « ce soufflage sont de quatre espèces : tout d'abord *la fatigue du « tournage*. Cet inconvénient que nous mettons en tête, parce qu'il est « encore le moindre, doit cependant être signalé; car la masse de « verre au bout de la canne est parfois très lourde et il lui faut imprimer constamment pendant des heures, un mouvement rotatoire « rapide pour donner la forme voulue aux bouteilles. La position fatigante de ce travail du tournage donnée au corps pendant toute une « journée n'est pas sans amener parfois un affaiblissement général du « corps, surtout étant donné que ce travail fatigant est fait à la chaleur « que nous venons de signaler. Le second inconvénient est l'affaiblissement de la fonction visuelle avec le danger même de la perte de la « vue par la réverbération du verre en fusion. Dans les verreries « où on rapporte du verre à l'extrémité du col pour former la « bague de la bouteille, le rayonnement de la masse de verre en fusion « use la vue des souffleurs avec une telle rapidité que beaucoup d'entre « eux sont même obligés d'abandonner leur métier beaucoup plus tôt. « Le troisième inconvénient est la brûlure des tissus de la gorge et des « joues par le soufflage dans le verre en fusion par la canne. Cet incon-

« vénient beaucoup plus grave encore que les deux précédents amène « fatalement une déchirure de ces tissus quand elle n'occasionne pas la « phtisie pulmonaire ou la perte irrémédiable des voies respiratoires. « Aussi le verrier ne devient-il pas vieux et généralement il est obligé « d'abandonner son métier quand il a atteint la quarantaine. Vous sa- « vez tous, Messieurs, que ce sont les maîtres-verriers qui ont protesté « le plus violemment lors de la discussion de la loi du 2 novembre 1892 « contre le relèvement à 13 ans l'âge de l'entrée dans l'usine, parce que « cet âge était trop avancé pour faire l'apprenti-verrier. La loi a passé « malgré leurs protestations ; mais, en fait, si vraiment la civilisation « exige que des hommes soient voués à des travaux tuants pour le « plaisir et le bien-être des autres, il est juste de reconnaître qu'il « vaut mieux qu'ils y soient accoutumés de bonne heure, car le souf- « flage du verre dévorera infailliblement tous ceux qui ne s'y sont pas « habitués de bonne heure.

« Enfin le dernier inconvénient que nous avons réservé pour la fin, « parce qu'il est le plus grand et le plus fréquent, c'est la transmission « des maladies contagieuses par la canne à verrier. Malgré les règle- « ments édictés et malgré toutes les bonnes volontés des patrons ver- « riers que nous ne mettons pas en doute, il arrive constamment que « les cannes sont en nombre insuffisant et servent à plusieurs ouvriers. « D'ailleurs il ne faut pas attendre des ouvriers, volontiers sceptiques « en cette matière et malheureusement trop ignorants, qu'ils pren- « nent des précautions hygiéniques dont ils ne soupçonnent pas la va- « leur. Ils se servent indifféremment de leurs cannes respectives « et dans l'état où est leur bouche ou leur gorge brûlée et irritée, « les maladies contagieuses se transmettent avec la plus grande facilité. « Là où le mal n'aurait aucune prise sur des organes sains et sans dé- « chirure, il s'infiltre avec une rapidité et une précision effrayantes là où « il y a une déchirure, une blessure, une irritation ou une plaie. Par « la canne à verre se propagent irrémédiablement les maladies conta- « gieuses et notamment les maladies syphilitiques. Si donc, le malheu- « reux verrier a échappé à la fluxion de poitrine, à l'affaiblissement « musculaire, à l'anémie à la perte de la vue ou à la phtisie pulmonaire, « il succombera à la syphilis, et de fait, combien sont-ils que conduit « lentement à la tombe ce mal terrible que des précautions hygiéniques « suffiraient à bannir de l'humanité souffrante !

« Étant donnés les graves inconvénients que nous venons de signaler « du soufflage du verre à la bouche, il était naturel que des esprits « inventifs cherchassent à les supprimer et à arriver au soufflage « mécanique du verre. Malheureusement, si le principe même du souf- « flage mécanique ne paraissait pas devoir être rejeté *a priori*, son « application pratique restait à trouver et les essais faits en ce sens en « Angleterre, aux Etats-Unis, à Buenos-Ayres, en Allemagne, en Dane- « mark, ont conduit à des résultats plutôt décourageants. En France, « différents systèmes proposés ont été également essayés mais sans plus « de succès.

« Au cours de notre inspection dans les Charentes, nous avons eu, en « ces derniers temps, l'occasion de voir fonctionner un procédé de « fabrication mécanique du verre chez M. Boucher, maître-verrier à

« Cognac. Nos fonctions ne nous permettent pas de faire connaître « comment ce procédé de fabrication a obtenu la suppression du sout- « flage à la bouche ni d'augurer ce qu'il donnera, exploité en grand « dans les principales verreries de France et de l'étranger. Mais en « constatant la parfaite fabrication des bouteilles par ce procédé, nous « nous sommes permis de signaler ce progrès comme étant de nature à « amener dans l'industrie de la verrerie une notable amélioration au « point de vue de la santé et de la vie des ouvriers.

« Ajoutons que par le procédé Boucher l'apprentissage dès l'enfance « n'est plus nécessaire et qu'ainsi on pourrait, sans inconvénient, inter- « dire le travail des enfants dans les verreries.

« Telle est, Messieurs, la communication que je voulais faire à la « section d'hygiène industrielle de ce Congrès, pensant qu'elle pour- « rait vous intéresser comme tout progrès dans l'amélioration des con- « ditions hygiéniques des industries insalubres. Avec l'espoir que le « procédé employé par M. Boucher donnera d'assez bons résultats pour « être généralisé et pour arracher l'enfant et l'ouvrier adulte aux tristes « conséquences morbides du soufflage du verre à la bouche, je vous « remercie, Messieurs, de votre bienveillante attention et de votre sym- « pathie pour tout ce qui intéresse le monde des ouvriers que nos fonc- « tions nous donnent la généreuse mission de protéger.

« Signé : C. Campredon. »

D'autre part, M. Léon Appert, ex-président de la Société des Ingénieurs civils de France et président de la section de la verrerie à l'Exposition de 1900, a fait, en mai 1901, à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale un rapport sur les procédés de fabrication mécanique des bouteilles, carafes, flacons, etc... par M. Boucher, que je crois devoir reproduire ici :

Rapport sur les procédés de fabrication mécanique des bouteilles, carafes, flacons, etc... de M. Claude Boucher (de Cognac)

Par M. Léon Appert.

Médaille d'or décernée à M. Boucher, maître-verrier, à Cognac (Charente) pour ses procédés de fabrication mécanique des bouteilles et autres articles analogues.

« Les nombreuses et remarquables propriétés du verre ont permis « de l'utiliser pour un grand nombre d'usages, très différents souvent « les uns des autres, et il n'est pas téméraire de supposer que, au fur « et à mesure que ses propriétés seront mieux connues et que des « moyens de fabrication plus perfectionnés auront été inventés, le « nombre s'en accroîtra encore.

« C'est au XIIe siècle que fut fondée, en France, la première verrerie « ayant pour objet la fabrication des bouteilles, mais ce n'est qu'au « XVe siècle que l'usage des bouteilles, destinées principalement à con-

« server les vins et les liquides nécessaires à l'alimentation, se répandit « et que l'emploi en devint, on peut dire général.

« On peut s'étonner, et avec raison, que le verre, quoique connu « depuis plusieurs siècles et plus apte que tout autre corps par ses « qualités spéciales à répondre à des besoins d'un usage si général, « n'ait pas été employé plus tôt ; mais il est bon de rappeler que le « verre n'avait été regardé longtemps que comme une matière d'un « usage peu répandu, difficile et coûteuse à produire et qui n'avait été « employée pour cette raison qu'à la confection d'objets de petites « dimensions ou pour des objets de décoration, le plus souvent à l'état « de verres colorés, et que ce n'est que plus tard, et par une expé- « rience prolongée qu'on était arrivé à savoir produire d'une façon « économique un verre d'assez médiocre apparence comme coloration « et comme pureté, mais dont la principale qualité était d'être obtenu « dans des conditions de prix fort réduites, dans la composition duquel « on pouvait par suite ne faire entrer que des matériaux de peu de va- » leur, qu'on était à même de trouver avec facilité, et un peu partout.

« Au cours de cette longue période d'années, on avait, en effet, appris « que certains sables très abondants et très répandus dans la nature, « toujours plus ou moins ferrugineux, possédaient des qualités plus « fondantes que d'autres sables, plus purs ; que, de plus, mêlés avec des « calcaires marneux ou avec des limons, des vases ou alluvions fluviales, « provenant soit de l'usure des terrains encaissants soit de la décompo- « sition des roches d'origine éruptive des niveaux supérieurs, cette « fusibilité en était encore augmentée.

« On avait observé également que les cendres, les salins, les char- « rées, qu'on avait reconnus indispensables pour donner au verre la « malléabilité nécessaire pour le travailler, en lui fournissant l'élément « alcalin, donnaient un verre fondant plus rapidement quand, mélangés « préalablement avec les sables et chauffés, pour en brûler les matières « organiques qui les accompagnaient, sans toutefois en amener la fu- « sion, on avait eu soin préalablement de les humecter ; l'opération du « frittage réalisait ces conditions, et, mise en pratique par l'addition de « chambres accolées au four de fusion, elle répondait d'une façon « simple aux besoins de cette fabrication, en utilisant en même temps « la chaleur qui eut été perdue sans cela.

« On avait mis ainsi à profit les propriétés des silicates multiples en « même temps qu'on avait trouvé des moyens faciles et économiques « pour obtenir la décomposition des sulfates et des chlorures, ce qui « permettait d'utiliser les produits de nature alcaline de la moindre « valeur et sans emploi possible, le plus souvent, autre que celui-là.

« Le verre ainsi obtenu était généralement très coloré, il était même « quelquefois complètement noir, mais cette coloration ne présentait « que peu d'inconvénients, étant donné l'usage qui devait en être fait ; « il possédait, par contre, cette autre qualité qui était de se durcir rapi- « dement en se refroidissant, facilitant ainsi aux ouvriers le façonnage « de la bouteille et rendant cette opération d'autant plus économique « qu'ils étaient dans l'obligation de procéder à sa confection avec une « extrême rapidité.

« Cette fabrication très simple et en même temps si bien appropriée

« au résultat à obtenir n'a pas été sensiblement modifiée depuis ce long « espace de temps : si la fabrication moderne permet d'obtenir des « verres plus purs et mieux raffinés, moins colorés ou de coloration « plus régulière, la faible malléabilité qui en est un des caractères « leur a été conservée et les conditions de façonnage et de main- « d'œuvre en sont restées, par suite, exactement les mêmes.

« Il résulte, par suite, des nécessités inhérentes à cette fabrication, « que les ouvriers appelés à confectionner les bouteilles sont astreints « à un travail toujours très pénible ; ils sont soumis même, le plus « souvent, à un véritable surmenage résultant : d'une part, de la grande « rapidité avec laquelle ils doivent façonner la bouteille et du poids de « matière auquel vient s'ajouter le poids de la canne qu'ils sont appe- « lés à manier d'une façon continuelle ; un ouvrier, avec ses deux aides, « doit faire au moins 600 bouteilles dans un laps de temps de 10 à « 11 heures de travail (chaque bouteille pesant de 600 à 700 grammes), « et, d'autre part, par les conditions défectueuses dans lesquelles ils « travaillent, devant se tenir en permanence dans une atmosphère sur- « chauffée et à proximité de fours contenant plusieurs centaines de « kilogrammes de verre en fusion, dans lesquels ils doivent puiser « le verre, par des orifices de cueillage à haute température et dont « le rayonnement éclatant même, leur occasionne pour la vue une fati- « gue qui se traduit à la longue par une affection spéciale particulière « à cette catégorie d'ouvriers.

« Ces conditions de travail sont aggravées encore par les excès « auxquels ces ouvriers sont fatalement entraînés et qui résultant d'une « ingestion immodérée de liquides, le plus souvent nuisibles pour leur « santé, liquides appelés, dans leur esprit, à réparer les pertes exces- « sives occasionnées par leur travail même.

« Il n'est pas parlé ici des affections de nature spéciale transmises « par contagion, qui sont, dans cette catégorie d'ouvriers, plus nom- « breuses et de caractère plus grave que dans toute autre spécialité de « fabrication verrière ; on ne sera donc pas étonné d'apprendre que, « pour les causes sus-énoncées, les ouvriers à bouteilles ne puissent « exercer leur profession que jusqu'à un âge peu avancé : à 45 ans, le « plus souvent ils sont usés et incapables de continuer ce travail de « souffleur, assez lucratif du reste, mais dont ils n'ont su que bien rare- « ment tirer profit pour leur vieillesse.

« Pour les mêmes raisons, le recrutement de cette catégorie d'ou- « vriers se fait de plus en plus difficilement, ce qui n'est pas sans cau- « ser une préoccupation légitime aux maîtres-verriers, en France aussi « bien qu'à l'étranger.

« Les procédés mécaniques imaginés pour remédier aux inconvé- « nients signalés plus haut, et en particulier ayant pour but d'éviter « aux ouvriers la fatigue résultant de l'opération du soufflage, en même « temps que les dangers de contagion des maladies transmissibles par « la suppression du soufflage à la bouche, n'ont qu'imparfaitement « répondu au but qu'on se proposait d'atteindre ; non que ces procédés « en eux-mêmes fussent incomplets ou imparfaits, mais ils causaient « une certaine gêne, tout au moins momentanée, nécessitée par l'ap- « prentissage indispensable qui devait en être fait, et cette raison seule

« a souvent empêché les ouvriers de s'en servir après les avoir essayés « avec succès cependant, et quelquefois même leur ont fait refuser « d'en faire un essai quelconque.

« Ces appareils avaient cet autre désavantage que, tout en remédiant « aux inconvénients signalés plus haut ils ne changeaient en rien les « conditions ordinaires du travail et qu'ils exigeaient toujours des ou- « vriers une habileté manuelle qu'ils avaient à exercer dans des condi- « tions particulièrement défavorables.

« Il est bon d'ajouter que, pour des raisons qui ne sont certainement « pas étrangères à ces conditions défectueuses d'organisation, les diffé- « rends résultant du règlement des conditions de travail ne sont jamais « aussi nombreux et ne présentent dans aucune autre spécialité de fa- « brication verrière une telle acuité, que dans celle de la bouteille.

« On ne doit pas s'étonner que, frappés des inconvénients qui vien- « nent d'être signalés, un grand nombre d'inventeurs se soient ingénié « à trouver des procédés qui permettent de remédier à ce qu'a de pé- « nible et d'épuisant ce travail de préparation et de soufflage de la bou- « teille ; de nombreux procédés ont été, en effet, inventés et de non moins « nombreux brevets ont été pris en vue de la substitution complète de « moyens mécaniques aux procédés actuels, purement manuels : aux « Etats-Unis seuls il a été pris, dans une période de vingt années, d'in- « nombrables brevets ayant tous pour objet cette fabrication ; quelques- « uns de ces procédés ont semblé approcher de la solution, aucun jus- « qu'ici n'a cependant pu donner des résultats pratiquement industriels « d'une façon complètement satisfaisante. Au nombre de ces inventions « on peut citer, par ordre de date : le procédé Ashley, datant de 1887, « les procédés Hilde, Vernay, Maussier qui ont suivi ; plus récemment, « les procédés Heerdt, Marchand, Fondu, Pérot, Blue.

« Le procédé Ashley semblait devoir donner une solution du problème ; « les résultats pratiques qu'il a donnés en ce qui concerne la bouteille « à col étroit n'ont pas répondu aux espérances qu'il avait fait naître.

« M. Claude Boucher, fabricant de bouteilles à Cognac, ayant eu à « subir de graves mécomptes dans sa fabrication, par suite de grèves « survenues successivement dans son établissement, grèves suivies de « mises à l'index lui interdisant de continuer toute fabrication, presque « ruiné même, résolut de chercher à résoudre ce problème tant cherché « et regardé, d'après les essais qui en avaient été faits avant lui, comme « insoluble ; après cinq années d'essais et de tâtonnements, il a réussi « à combiner une machine qui lui permet de fabriquer mécaniquement « et dans des conditions industriellement pratiques, des bouteilles qui « ne le cèdent en rien aux meilleurs produits fabriqués à la main.

« Très versé dans ce genre de fabrication et bien organisé pour mettre « à profit les observations qu'il était à même de faire journellement, « l'inventeur a cherché très judicieusement, et c'est là une des causes « de son succès, à se rapprocher, par les dispositions mécaniques qu'il « a adoptées, de la succession des opérations manuelles à l'aide des- « quelles l'ouvrier façonne, avec le secours de ses poumons, les di- « verses parties de la bouteille, et tout en tenant compte des qualités « spéciales du verre qui devait être employé.

« En dehors du mécanisme proprement dit qui constitue l'ensemble

« de sa machine, l'inventeur a dû recourir à l'emploi de l'air comprimé « qu'il utilise sous deux pressions différentes, suivant les besoins de la « fabrication.

« Le dernier type de la machine auquel l'inventeur s'est arrêté se « compose, comme pièces principales, d'un bâti rectangulaire en fonte « sur lequel sont fixées, aux deux extrémités de la grande longueur, « deux consoles verticales portant chacune les appareils qui doivent « concourir à la confection de la bouteille.

« De plus, et en dehors des pièces constituant cette machine, mais « variant pour chaque modèle de bouteilles, sont adjoints des moules « dont un premier sert à former la bague ; un second moule auquel a « été donné le nom de moule mesureur, est destiné à recevoir le verre « nécessaire et en quantité suffisante ; viennent ensuite un ou plusieurs « moules dits moules intermédiaires, dans lesquels se souffle successive- « ment l'ébauche, afin d'en augmenter graduellement le volume, de façon à « obtenir une épaisseur des parois en rapport avec les conditions de ré- « sistance de la bouteille ; un dernier moule, enfin, dit moule finisseur, « qui a, comme forme intérieure, exactement la forme définitive de la « bouteille ou de l'objet, carafe, flacon, bocal ou autre, qu'on veut ob- « tenir.

« L'air employé pour le moulage de la bague, en produisant la com- « pression voulue à la surface du verre à ce moment fluide, doit être « utilisé à une pression de 7 à 800 grammes par centimètre carré ; il « est fourni par un compresseur avec régulateur de pression.

« Dans l'intérieur du moule de bague glisse à volonté un mandrin « ayant la dimension intérieure du col de la bouteille et disposé de façon « à perforer très légèrement l'entrée du goulot ; ce mandrin est intro- « duit doucement et d'une façon automatique par un excentrique au « moment même où on va vider le verre dans le moule mesureur, il « est retiré ensuite pour permettre de faire pénétrer l'air comprimé « plus tard dans le verre qui devra prendre la forme de ce moule et qui, « en même temps, achèvera la perforation du col.

« Voici maintenant de quelle façon s'effectuent les diverses opérations « nécessaires pour parfaire la bouteille : à l'aide d'une cordeline, le « verre est cueilli et versé par l'ouvrier cueilleur dans le moule mesu- « reur qu'on a eu soin de porter préalablement à la température con- « venable, de 600 à 700° environ ; l'ouvrier mouleur, qui est assis « devant sa machine et à la disposition duquel sont toutes les pièces « nécessaires pour son fonctionnement, telles que volant, manivelle, « pédales, applique immédiatement le compresseur sur le moule et fait « agir l'air comprimé ; à cet effet, il appuie sur une pédale qui, agissant « sur un clapet, laisse arriver l'air comprimé au-dessus du verre ; celui-ci, « étant à ce moment extrêmement chaud et presque liquide, descend « dans le col du moule, permettant à la bague de se mouler d'une fa- « çon parfaite ; immédiatement après, l'ouvrier, au moyen du volant, « retourne le moule mesureur, mettant ainsi le fond de l'ébauche qui « vient d'être faite en bas, il l'ouvre pour dégager le verre, et la bou- « teille étant tenue par la bague seule, il laisse allonger à l'air libre cette « masse de verre encore très chaude, ce qui, par une sorte de rebrûlage « spontané permet au verre de prendre de l'éclat ; quand cette ébauche,

« en forme de poche, est allongée suffisamment, il l'introduit successi-
« vement dans le ou les moules intermédiaires pour donner la consis-
« tance voulue à la partie inférieure à l'ébauche qui se trouve à une
« température plus élevée que celle de l'épaule. Pendant que la solidi-
« fication de l'ébauche se fait dans le godet dont elle prend la forme par
« suite d'une légère introduction d'air comprimé à 200 grammes envi-
« ron, l'ouvrier lance de l'air comprimé à une pression plus élevée
« contre le col afin de le solidifier suffisamment pour qu'il puisse sup-
« porter le poids de la paraison qui s'allonge en faisant disparaître les
« rugosités et les plis qui se forment à la surface du verre lorsqu'on le
« vide dans le moule mesureur.

« La paraison a alors une dimension un peu moindre que celle que
« devra avoir la bouteille une fois terminée, et il suffit, pour lui donner
« la forme définitive, de mettre cette paraison dans le moule finisseur
« et de produire de nouveau une pression dans l'intérieur de la bou-
« teille, en y faisant entrer de l'air comprimé qui, appliquant le verre
« contre les parois de ce moule, lui en fait prendre exactement la forme.
« La bouteille est alors terminée, on la laisse pendant une ou deux
« secondes dans le moule d'où un apprenti vient l'enlever après que le
« mouleur a eu ouvert le moule, pour la porter à l'arche de recuis-
« son.

« Cette machine est de construction simple et robuste ; l'ajustement
« des pièces en est facile et le remplacement peut s'en faire rapidement.
« Un soin particulier doit être apporté à la confection des moules, de
« façon que leur jonction, une fois fermée, en soit parfaite et que la
« dilatation en soit égale dans toutes leurs parties. Les ouvertures qui
« pourraient résulter de leur mauvais ajustement, au moment de la
« fermeture du moule, donneraient des traces apparentes sur la bou-
« teille qui, une fois terminée, en diminueraient la valeur.

« Elle permet de faire des bouteilles de toute espèce de formes et de
« toutes capacités, aussi bien que des carafes, des flacons, des bocaux
« et toute espèce de pièces ayant un col de grande et, surtout même, de
« très faible dimension. Elle est d'un prix d'installation peu élevé.

« Au point de vue hygiénique, cette machine modifie de la façon la plus
« satisfaisante les conditions de travail des ouvriers préposés à la fabri-
« cation des bouteilles.

« En effet, cette machine peut être posée en un point quelconque de
« l'atelier et, par suite, dans un endroit où l'ouvrier n'est nullement
« soumis à la réverbération du four de fusion.

« Le travail est rendu aussi peu pénible que possible ; l'ouvrier chargé
« de puiser le verre dans le creuset ou dans le bassin n'a entre les mains
« qu'une cordeline ou tige de fer très légère, il n'a donc qu'à se trans-
« porter alternativement du four à la machine et vice versa ; quant à
« l'ouvrier mouleur, son rôle consiste : 1° à couper le verre qui vient
« de lui être apporté et que le cueilleur a laissé couler dans le moule
« mesureur ; 2° à faire arriver par le compresseur l'air comprimé des-
« tiné à produire le moulage de la bague en appuyant sur les pédales,
« puis à remplir successivement la série des opérations dont il a déjà
« été parlé.

« Le soufflage à la bouche est totalement supprimé et, par suite, la

« crainte de transmission possible des maladies contagieuses est ainsi « écartée.

« L'ouvrier principal ou souffleur étant devenu inutile, il est remplacé « par le mouleur dont l'apprentissage, au lieu de durer sept à huit an- « nées, peut être fait en quelques jours ; un enfant d'une quinzaine « d'années même peut, au bout d'une semaine, fabriquer couramment « des bouteilles au moins aussi parfaites que celles obtenues par les « procédés anciens. Le cueilleur du verre ou grand gamin reste seul « nécessaire pour cueillir le verre ; son travail consiste à alimenter « deux machines desservies chacune par un ouvrier mouleur : la durée « de la fabrication d'une bouteille étant de 40 secondes, on produit, en « moyenne, avec une machine, de 80 à 85 bouteilles au minimum à « l'heure ; avec deux machines desservies par ces trois ouvriers, le « cueilleur et les deux mouleurs, on arrive à produire pour une durée « de huit heures de travail, temps représentant la durée de travail d'un « poste, 1 200 bouteilles, ce qui, par journée de vingt-quatre heures, « donne une production globale de 3 600 bouteilles ou, par machine, « de 1 800 bouteilles.

« Quant à la qualité des produits, elle est plutôt supérieure à celle « des bouteilles obtenues par le procédé courant, le verre en est, en « effet, mieux distribué dans toutes ses parties, l'emploi des moules « intermédiaires en est une des causes, car il permet de répartir le « verre, de façon à donner une épaisseur en rapport avec les besoins « auxquels auront à répondre les bouteilles demandées.

« Un autre avantage de cette fabrication résulte de ce que les bouteilles, « quand elles sont complètement terminées et qu'elles sortent du moule, « sont à une température sensiblement égale dans toutes leurs parties, « ce qui est une des conditions les plus favorables pour obtenir une « recuisson facile et complète.

« Les essais comparatifs faits dans des verreries importantes, pour « se rendre compte de la qualité des produits obtenus au point de vue « de la résistance aux pressions intérieures ont montré un avantage « marqué en faveur des bouteilles fabriquées mécaniquement. On peut « citer, comme exemple, les essais faits dans une des plus importantes « verreries à bouteilles d'Espagne où des bouteilles du poids de 700 gram- « mes, fabriquées mécaniquement, ont donné une moyenne de résis- « tance de 23^{kg},600 par centimètre carré, tandis que des bouteilles de « même forme et de même poids fabriquées au même moment, avec le « même verre et par des ouvriers choisis n'ont donné qu'une résistance « de 20^{kg},300.

« Les bouteilles ainsi fabriquées étant d'un calibrage parfait, quant « au col et à la bague, ce procédé de fabrication permet de donner de « l'extension aux systèmes de bouchage mécanique dont on connaît les « avantages comme économie et comme perfection dans le fonctionne- « ment.

« Le procédé de fabrication qui vient d'être décrit est employé exclu- « sivement par M. C. Boucher dans la verrerie qu'il possède à Cognac. « Depuis quatre ans, plusieurs millions de bouteilles ont été fabriquées « et vendues. Les bouteilles qui ont été fournies, le plus souvent pour « l'exportation des eaux-de-vie et des fines champagnes, ont été recon-

« nues d'une qualité supérieure à celles fabriquées par les procédés « anciens, leur solidité est plus grande et les risques de casse sont de « ce fait diminués et presque annulés.

« D'autres verreries importantes, en France et à l'Etranger, ont également adopté ce procédé qui est appelé à se substituer au procédé « ordinaire dans un grand nombre de verreries.

« On a objecté aux procédés de fabrication mécanique des bouteilles, « en général, de ne pas permettre d'employer le verre à bouteilles, tel « qu'il est fabriqué ordinairement ; ce verre très chargé de bases terreuses étant trop peu malléable, trop sec, pour se mouler sans se figer « au contact du moule, rendant ainsi impossible la terminaison de la « bouteille. Avec la machine Boucher, cette objection est sans portée et « le procédé, tel qu'il vient d'être décrit, permet d'employer un verre « de composition quelconque. De nombreux essais entrepris pour s'en « rendre compte l'ont prouvé. Néanmoins, l'inventeur, avec beaucoup « de raison, conseille d'augmenter très légèrement l'alcalinité de ces « compositions, en y ajoutant une très faible dose de soude, ce qui n'influe que d'une façon insensible sur leur prix de revient, mais ce qui, « par contre, améliore de beaucoup la qualité de la bouteille comme « apparence et comme solidité.

« Les industriels n'ont donc aucune objection sérieuse à faire à l'adoption de ce procédé qui, au contraire, en dehors de l'économie qu'il « procure, leur donne une sécurité beaucoup plus grande au point de « vue de l'organisation du travail, et en particulier au point de vue des « grèves, par suite du peu de préparation et d'apprentissage du personnel nécessaire.

« Quant aux ouvriers eux-mêmes, contrairement aux craintes qu'on « aurait légitimement pu avoir, ils ne s'y montrent pas trop défavorables; « dans beaucoup de centres ouvriers même, les intéressés qui y ont vu « un moyen de prolonger la durée de la période active de leur carrière « dont ils apprécient bien les inconvénients et les dangers ; ils sont « prêts, dans beaucoup de verreries, à adopter l'emploi de ces machines « et à s'en servir.

« Cette dernière appréciation qu'il a paru intéressant de faire connaître et dont l'indépendance et l'impartialité ne peuvent être mises « en doute, ne fait que confirmer l'utilité et l'importance de l'emploi « des procédés mécaniques.

« En ce qui concerne les résultats obtenus par M. Boucher, grâce à « son ingéniosité et à sa persévérance, cette appréciation est un des « meilleurs éloges qui puissent en être faits.

« En félicitant nous-même M. Claude Boucher des résultats qu'il a « obtenus et qui marquent un nouveau pas dans la voie des progrès qu'il « est si désirable de voir apporter à l'hygiène industrielle, j'ai l'honneur « de proposer au Conseil de le remercier, en son nom, de la présentation qu'il a faite à la Société et de bien vouloir autoriser l'insertion « du présent rapport au *Bulletin* avec les dessins qui l'accompagnent ».

Signé : APPERT, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 mars 1901.

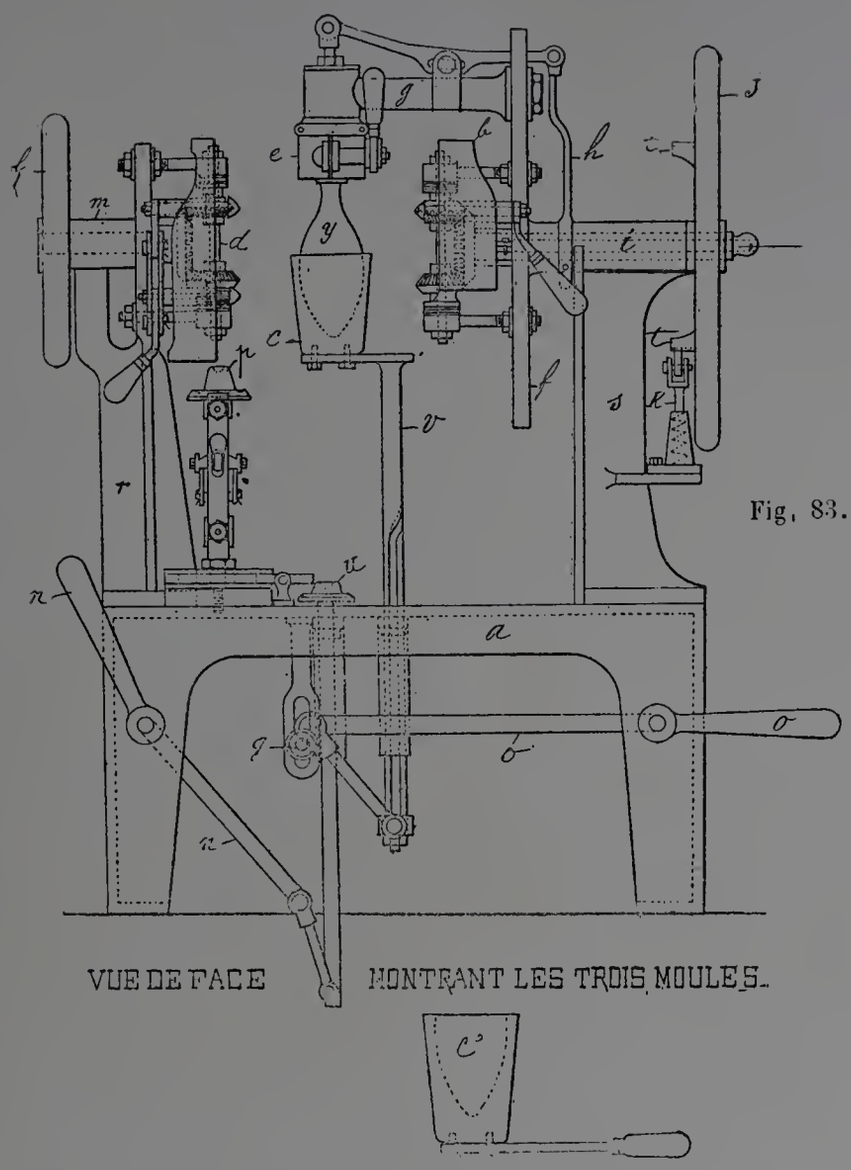


Fig. 83.

Fig. 84.

Description de la machine Boucher

(Fig. 83) Vue de face montrant le moule ébaucheur ouvert, le moule finisseur ouvert et la paraison en formation dans le godet (*c*).

a Bâti supportant les consoles *r* et *s*.

b Moule ébaucheur.

c Godet.

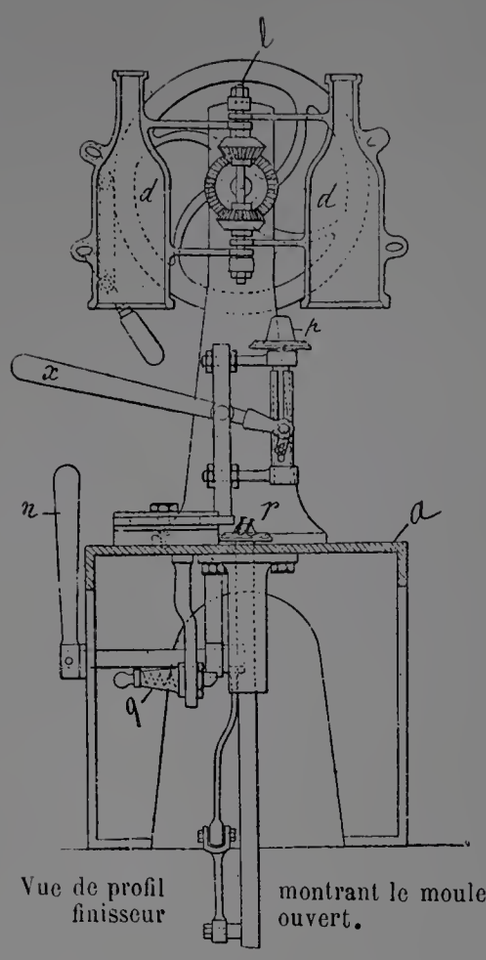
c' Godet avec poignée, représenté fig. 84.

d Moule finisseur.

e Moule de bague.

f Balancier sur lequel est fixé sur le moule ébaucheur *b* et le bras *g* qui supporte le moule de bague *e*.

h Excentrique qui actionne le mandrin qui vient pénétrer à l'orifice du col pour le perforer au diamètre convenable.



Vue de profil montrant le moule finisseur ouvert.

Fig. 85.

i Arbre creux conduisant l'air comprimé au moule de bague.

j Volant calé sur l'arbre *i* et permettant de renverser le moule ébaucheur et le moule de bague dans les différentes positions qu'ils doivent occuper, suivant les phases de la fabrication.

k Chape surmontée d'un galet qui s'encastre dans les taquets *t* du volant afin d'immobiliser le moule ébaucheur dans la position verticale.

l Volant permettant d'ouvrir et de fermer le moule finisseur *d* au moyen de la roue fixée à l'extrémité de l'arbre *m* et des pignons placés sur les bras de ce moule et tournant en sens inverse.

n Levier servant à soulever et à abaisser le fond *u* du moule finisseur.

o Levier au moyen duquel on peut faire monter le godet *c* qui est fixé sur la tige *v* et le faire redescendre sur le bâti lorsque l'ébauche a été solidifiée convenablement dans ce godet.

p Molette servant au piquage de la bouteille lorsqu'elle a reçu sa forme définitive dans le moule *d*, on voit en la fig. 85 montrant la machine de profil, le levier *x* qui permet de soulever la molette *p* pour l'enfoncer dans le fond de la bouteille et, en repliant le verre, donner à la piqûre la profondeur voulue.

q Mentonnet au moyen duquel on règle la course du fond *u*, de façon à ce qu'il vienne s'encastrer exactement à la base du moule finisseur.

Avec la machine Boucher représentée fig. 83 et fig. 85 les bouteilles sont fabriquées par les procédés décrits dans le rapport de M. Léon Appert reproduit plus haut.

Cette machine donne d'excellents résultats dans les verreries où elle fonctionne actuellement.

Néanmoins, M. Boucher a fait breveter en France, le 9 juillet 1901, une nouvelle machine qui nous a paru encore supérieure à la précédente,

particulièrement sous le rapport de la robustesse et du montage plus parfait des moules.

En outre, l'un des moules mesureurs se refroidissant pendant que l'autre travaille, la production peut être portée jusqu'à 120 bouteilles de 700 grammes par heure, sans que le verre adhère aux parois des moules mesureurs dont la température n'atteint pas même le rouge naissant.

Description de cette machine qui est représentée de face en fig. 86 et en plan, au-dessus du bâti, en fig. 87.

a Bâti supportant les consoles *r* et *s*.
b Moule ébaucheur représenté fermé.
b' Moule ébaucheur représenté ouvert.
c Godet.
d Moule finisseur.

Fig 86. — Machine à double moule ébaucheur.
Vue de face au moment où la bouteille est terminée.

Fond des moules mesureurs.

Fig 87. — Vue en plan.

e Moule de bague représenté fermé.

e' Moule de bague représenté ouvert.

f Balancier sur lequel sont fixés les moules ébaucheurs.

g Bras coudés faisant partie du balancier.

C'est à l'extrémité de ces bras que sont fixés les moules de bague *e* et *e'*.

h Arbre coudé immobile autour duquel tourne le coussinet qui actionne les mandrins. Par ce moyen le mandrin *o* qui est enfoncé dans le moule de bague placé dans la position inférieure se trouve retiré au moment où l'autre mandrin pénètre dans le moule de bague placé à la position supérieure.

i Arbre creux conduisant l'air comprimé au moule de bague.

j Volant calé sur l'arbre *i* et permettant de renverser alternativement les moules ébaucheurs *b* et *b'* et les moules de bague *e* et *e'* dans les différentes positions qu'ils doivent occuper.

k Chape surmontée d'un galet qui vient s'encastrer alternativement dans les encoches pratiquées aux extrémités du balancier *f*.

l Volant actionnant la roue et les pignons au moyen desquels on peut ouvrir et fermer le moule finisseur *d*.

m Arbre mobile portant à l'une de ses extrémités le volant et à l'autre bout la roue qui actionne les pignons fixés sur les bras du moule finisseur et qui, tournant en sens inverse, ouvrent et ferment le moule finisseur.

n Levier servant à remonter ou à descendre le fond *u* du moule finisseur.

q Mentonnet au moyen duquel on règle la course du fond *u*, de façon à ce qu'il s'encastre à la base du moule finisseur.

1 Pédale actionnant le clapet 2 au moyen de la tige 3.

4 Pédale actionnant le clapet 5 au moyen de la tige 6.

7 Tuyau emmagasinant l'air comprimé de la haute pression.

8 Tuyau emmagasinant l'air comprimé de la basse pression.

9 Tube conduisant l'air comprimé du tuyau 7 à la console *r*.

10 Tube conduisant l'air comprimé du tuyau 8 à l'arbre creux *i*.

11 Console mobile tournant librement à la partie supérieure de la console *r*, de façon à ce que l'on puisse appliquer l'entonnoir 12 dans l'orifice des moules ébaucheurs et faire arriver, au-dessus du verre, l'air comprimé destiné à la compression.

12 Entonnoir de compression.

13 Crochets destinés à supporter le fond 14 des moules ébaucheurs.

19 Bouteille reposant sur le fond *u* au moment où elle a été terminée dans le moule finisseur.

La fabrication des bouteilles, carafes et autres articles similaires a lieu de la façon suivante avec la machine qui vient d'être décrite :

L'un des moules mesureurs ayant été placé, au moyen du volant *j*, dans la position supérieure et le mandrin *o* ayant été remonté automatiquement, au moyen du coussinet qui tourne autour de l'arbre coudé *h* dans le moule de bague placé au-dessous de ce moule mesureur, l'ouvrier cueilleur vide dans ce moule la quantité de verre nécessaire à la fabrication d'une bouteille ou autre objet. Cette opération terminée, l'ouvrier mouleur saisit la poignée de la console mobile (**11**) et fait pénétrer l'entonnoir **12** dans l'orifice du moule ébaucheur *b*, puis, appuyant sur la pédale **1** qui ouvre le clapet **2**, il fait arriver l'air comprimé au-dessus du verre qui, par ce moyen, devient homogène et se moule convenablement dans le moule de bague qui se trouve placé au-dessous du moule ébaucheur, ce qui permet d'obtenir le moulage parfait de la bague et des autres ornements que porte le col de la bouteille. Cette opération de la compression ayant été faite rapidement pour permettre de conserver au verre la plasticité convenable, l'ouvrier enlève l'entonnoir **12** de l'orifice du moule ébaucheur et lui fait occuper la position représentée en fig. **86**, puis il place le fond **14** sur l'orifice du moule ébaucheur *b* et le fixe en faisant glisser les poignées **15** dans la rainure **16**. Enfin au moyen du volant *j* on retourne ce moule, le fond en bas. Pendant que s'accomplit ainsi la révolution de **180°** qui change la position des moules mesureurs, le mouvement du coussinet autour de l'arbre coudé *h* enfonce dans le moule de bague, qui vient à son tour occuper la position supérieure, le mandrin *o*, tandis que, simultanément il retire le mandrin du moule de bague et de la douille par laquelle arrive l'air comprimé. Le mandrin ayant été, de cette façon, retiré de la cavité qui a été faite dans le verre, à l'orifice du goulot, l'ouvrier fait arriver l'air comprimé en appuyant sur la pédale **4** qui, par la tige **6** ouvre le clapet **5**, lequel donne accès à l'air comprimé qui est emmagasiné dans la canalisation **8** qui aboutit à des récipients dans lesquels l'air est comprimé au moyen d'un compresseur.

Lorsque par l'action de l'air comprimé et du contact contre les parois et le fond du moule ébaucheur, le verre a été suffisamment solidifié, l'ouvrier enlève le fond **14** et il ouvre ce moule en dégageant le mentonnet du trou.

L'ébauche devenue libre reste suspendue par la bague dans le moule de bague *e*.

Afin de donner à l'ébauche *y* représentée par nos fig. 88 et 89, l'homogénéité voulue dans toutes ses parties, l'ouvrier la reçoit dans le godet *c* duquel il lui fait prendre la forme en insufflant un peu d'air comprimé à l'intérieur.

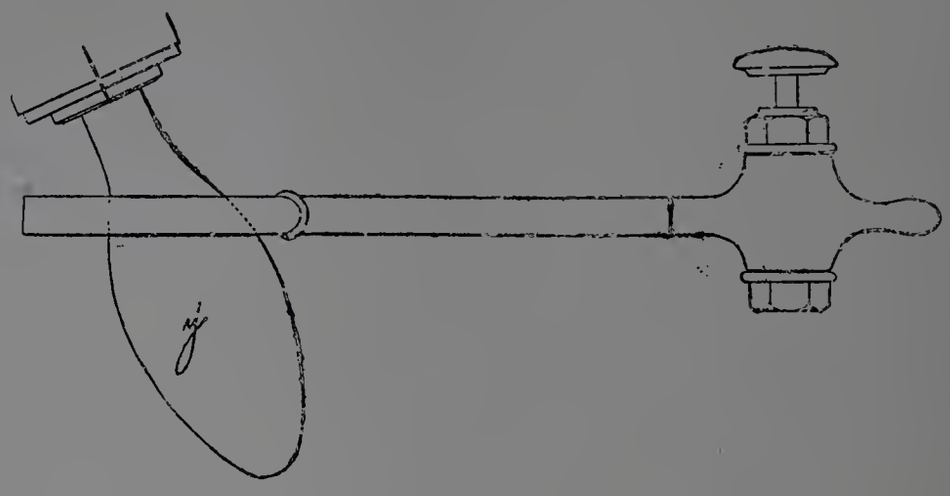


Fig. 88. — Vue de face.

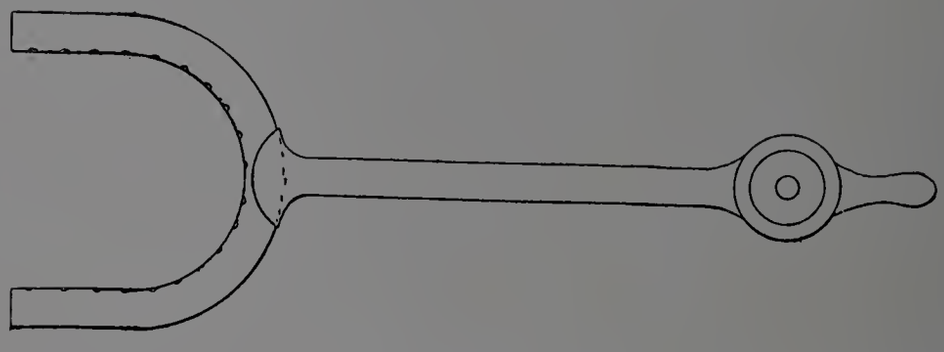


Fig. 88 *bis*. — Vue horizontale.

Puis, pour permettre au col de résister au poids de l'ébauche qui pourrait l'allonger outre mesure en l'amincissant trop, l'ouvrier lance sur le col et même sur les autres parties de l'ébauche qui ont une tendance à s'amincir, de l'air comprimé. L'air comprimé est injecté contre l'ébauche *y* au moyen de la fourche perforée représentée fig. 88 *bis* ou mieux encore avec le collier percé de nombreux trous représenté fig. 89 *bis* qui surmonte le godet *c* auquel il est fixé par des tiges. L'ébauche ayant été ainsi, tant par l'allongement qu'elle reçoit que par le refroidissement du col au moyen de l'air comprimé, transformée en une véritable paraison analogue à celle obtenue dans la fabrication à la main par le grand-garçon, on la laisse descendre jusqu'à ce qu'elle vienne reposer sur le fond *u* du moule finisseur.

A ce moment, l'ouvrier faisant tourner le volant *j* rapproche les deux parties du moule finisseur *d* qui viennent s'ajuster autour du fond *u* et emprisonnent la paraison qui reçoit sa forme définitive par l'introduc-

tion de l'air comprimé qu'on fait arriver en appuyant sur une pédale ouvrant le clapet placé sur le tuyau.

La bouteille, ou autre objet similaire, ayant reçu sa forme définitive par l'application du verre contre les parois et le fond du moule finisseur, au moyen de l'air comprimé, on ouvre ce moule en retirant les mentonnets des trous et on lui fait prendre la position représentée fig. 86.

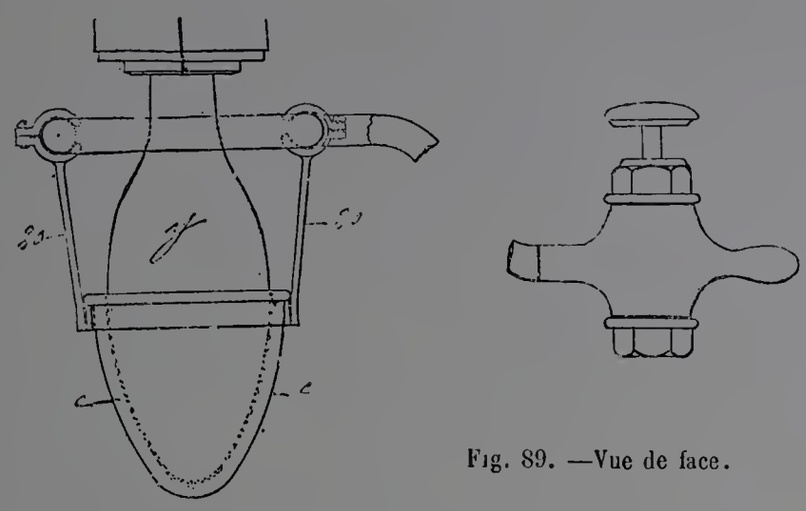


Fig. 89. —Vue de face.

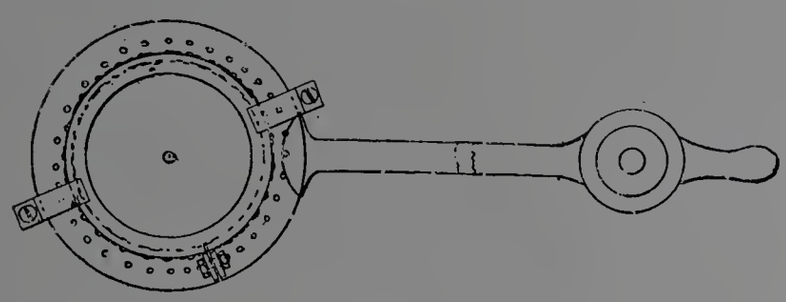


Fig. 89 *bis*. — Coupe horizontale.

Ensuite on ouvre le moule de bague en retirant également le mentonnet du trou, et lorsque la bouteille a le fond plat ou concave elle se trouve complètement terminée, ainsi qu'on le voit en la fig. 86 reposant sur le fond *u* d'où on l'enlève pour l'emporter à l'arche de recuisson. Mais lorsque la bouteille doit avoir une piqûre, comme celle représentée fig. 90, on l'introduit dans l'appareil de piquage représenté fig. 91 pour replier le verre avec la molette *h* jusqu'à la profondeur voulue.

Cet appareil de piquage se compose:

1 Du bâti *a*.

2 Du fût *b* dans lequel on dépose la bouteille.

3 De la console mobile *c* dans laquelle glisse la tige *d* se terminant par la rondelle *e* garnie d'amiante, qu'on applique au moyen de la poignée *f* sur le col de la bouteille pour la maintenir pendant qu'à

l'aide d'un levier *g* on soulève la molette *h* qui replie le verre du centre pour achever la piqûre.

En somme, en constatant les résultats obtenus à la Verrerie de Cognac avec les machines système Boucher, ainsi que dans les différentes verreries qui emploient ces machines, on acquiert la certitude que l'emploi de ces appareils se généralisera bientôt en France et dans tous les pays du monde.

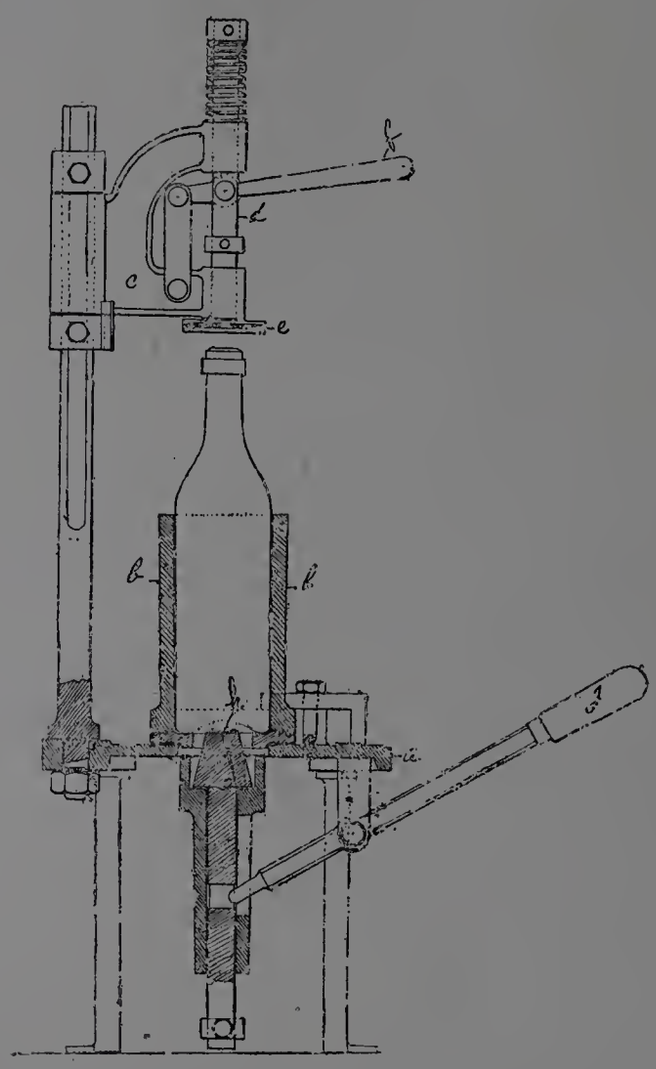


Fig. 91.

Fig. 90.

Et cela, non seulement au profit des Maîtres-Verriers qui pourront recruter facilement leur personnel, mais encore et surtout dans l'intérêt des ouvriers qui pourront exercer leur métier jusqu'à un âge avancé, sans avoir à redouter la vieillesse précoce et les maladies auxquelles ils sont exposés aujourd'hui.

Nous sommes heureux que le progrès si considérable qui vient d'être réalisé soit l'œuvre d'un Maître-Verrier français, ainsi que la constatation officielle en a été faite par le *jury international* de la Classe 73 à l'Exposition Universelle de Paris en 1900.

Le Jury international de la classe 73 en décernant à M. Boucher, qui exposait pour la première fois, la plus haute récompense « *un grand prix* » s'est exprimé dans les termes suivant « *Le Jury, à l'unanimité, reconnaissant que M. Boucher a, le premier résolu le difficile problème de la fabrication mécanique des bouteilles, reconnaissant également l'immense service rendu par cet inventeur à l'industrie verrière et à l'hygiène des ouvriers lui décerne un grand prix* ».

Nous croyons devoir, pour terminer ce chapitre, reproduire le rapport remarquable et fortement documenté fait par le jury de la classe 73 au sujet de la fabrication des bouteilles:

Rapport du Jury international de la classe 73

« Les différents ouvrages qui ont été publiés sur l'art de la Verrerie « négligent généralement la fabrication des bouteilles.

« Peut-être a-t-on trouvé cette fabrication trop peu artistique. Ce- « pendant si la découverte du verre a été faite par hasard, comme l'é- « crivent la plupart des auteurs, par des marchands Phéniciens qui « avaient installé un foyer formé de blocs de natron sur les bords du « fleuve Belus pour préparer des aliments, il est permis de dire que « les premiers verriers, très inexpérimentés, ont dû produire d'abord « des objets d'une forme quelconque. Forcément, l'outil avec lequel ils « cueillaient le verre devait être un tube en métal auquel on a donné le « nom de « *canne* » ainsi qu'elle est représentée par les peintures des « hypoges de Beni-Hassan, représentant des verriers thébains souf- « flant des objets en verre.

« C'est à l'extrémité de cette canne que se trouvait le verre retiré du « creuset par le verrier de cette époque. En soufflant dans cette masse « de verre elle prenait naturellement la forme d'une sphère creuse qui « s'allongeait plus ou moins selon qu'on maintenait la canne dans la « position horizontale ou dans la position verticale. Lorsqu'on main- « tenait cette sphère pendant un certain temps dans la position verti- « cale elle s'allongeait et devenait cylindrique.

« Pour empêcher ce cylindre de s'allonger outre mesure on était « obligé de l'appuyer sur le sol, de là la naissance du vase cylindrique « qui n'est autre chose que la bouteille de nos jours, avec la différence « toutefois que la forme en a été régularisée par l'emploi de moules de « plus en plus parfaits que nous décrirons plus loin.

« On peut donc ajouter une hypothèse nouvelle à celles existant sur « l'origine du verre ; c'est que les premiers verriers ont dû commencer « par fabriquer d'abord des bouteilles avant de songer à produire des « vases; en un mot, avant de se livrer à la production de la verrerie « d'art.

« D'ailleurs, en nous reportant aux auteurs et particulièrement à « l'ouvrage si complet de M. Henrivaux, le savant Directeur de la Gla- « cerie de Saint-Gobain, *Le Verre et le Cristal*, auquel nous nous per- « mettrons de faire quelques emprunts au cours de ce rapport, nous

« trouvons que l'usage de la bouteille remonte à l'époque la plus « reculée. L'Egypte nous a laissé des bouteilles ; les Romains se « servaient de bouteilles. A Athènes, à Rome, dans la Gaule, chez les « gens aisés, on plaçait sur la table des carafes et des bouteilles pour « l'eau et le vin.

« La bouteille obtenue par les procédés primitifs a dû forcément être « fabriquée d'une façon très irrégulière pendant bien des siècles, nous « en avons d'ailleurs la preuve par les nombreux spécimens exposés dans « les Musées.

« Plus tard, on est arrivé à la perfection en employant des moules « cylindriques en argile.

« On donnait à ces moules une forme concave au fond ; l'ouvrier « après avoir moulé la bouteille la relevait en appuyant l'extrémité de « la canne sur le sol et il faisait la piqûre au moyen d'un instrument « qu'on appelait « une molette » ; ensuite, il rebrûlait le col tout sim- « plement pour éviter que la cassure restât coupante.

« Plus tard, on a orné le bout du col d'un petit cordon de verre qu'on « appelait bague, ce qui, en effet, était bien le mot propre puisque le « goulot étant rond le cordon de verre ainsi adapté ressemblait parfai- « tement à une bague.

« Au moule de terre on substitua, principalement dans le Nord, le « moule de fonte qui permettait d'activer le travail en augmentant la « production. En effet, la fonte étant bonne conductrice de la chaleur, « elle refroidissait plus rapidement le verre en contact avec les parois « du moule, et l'ouvrier pouvait produire davantage dans le même laps « de temps.

« C'est surtout vers 1850 que la fabrication des bouteilles a com- « mencé à entrer dans la voie des perfectionnements. Aux cols irrégu- « liers on a substitué au moyen de la « tranche » des cols cylindriques « et réguliers; aux épaules difformes et allongées on a donné la forme « pommée de la bordelaise ou un peu en poire comme la bourguignonne « ou aplatie assez régulièrement comme la bouteille normande, se rap- « prochant le plus de la bouteille primitive qui se trouve au Château de « Saint-Germain (Henrivaux, p. 463). Néanmoins, l'emploi de la molette « occasionnait des bourrelets disgracieux et gênants parfois pour l'em- « pilage des bouteilles et des fonds de travers qui ne permettaient pas « de la poser perpendiculairement.

« C'est pour obvier à ces inconvénients de forme et de contenance « irrégulières que beaucoup de verriers cherchèrent pendant longtemps « un moule complètement fermé dans lequel on introduisait la paraison « et d'où on la retirait transformée en bouteille complètement terminée, « sauf la bague.

« Les verriers allemands se servaient déjà de moules fermés, en bois, « pour la fabrication des flûtes à vin du Rhin. Ils adoptèrent ensuite des « moules en fonte avec fonds également en fonte, mais avec ailettes pour « que la partie convexe destinée à faire la piqûre conserve sa malléa- « bilité plus longtemps que la partie cylindrique en contact constant « avec un métal bon conducteur de la chaleur.

« La paraison, une fois introduite dans le moule, étant soumise à un « mouvement de rotation ou de va-et-vient, la partie convexe qui se

« trouvait alternativement dans le vide ou en contact avec les ailettes « du métal, se refroidissait plus lentement. Au moyen d'une pédale que « l'ouvrier faisait fonctionner avec le pied, la piqûre remontait dans « le moule, en refoulant à l'intérieur la partie restée malléable, et « formait ainsi une piqûre très régulière. Ce sont les bouteilles alle- « mandes moulées de cette façon qui ont donné à la fabrication fran- « çaise un vigoureux élan dans la voie des perfectionnements.

« Nous ferons remarquer ici : 1° que le système de travail allemand « différait du procédé français par la « paraison » que l'on arrondissait « au bloc « sans boudine » (petit bouton de verre froid qui se trouvait « à l'extrémité de la paraison) tandis qu'en France on la façonnait « au « marbre » avec une boudine. (Le marbre est une plaque de fonte sur « laquelle on arrondit le verre et sur l'arête de laquelle se façonne le col « en tournant la paraison de droite à gauche et de gauche à droite, de fa- « çon à former une partie cylindrique à partir du bout de la canne).

« 2° Que le col de la bouteille allemande était moulé tandis que le « col de la bouteille française était fait par la « tranche » en même « temps que la paraison.

« Cette « boudine » de la bouteille française et le « col » qui était for- « cément moins régulier, lui constituaient cependant une marque de fa- « brication qui a toujours été très utile au commerce des vins en bou- « teilles car ils donnaient, et donnent encore, aux vins ainsi exportés « leur véritable cachet d'origine.

« Il s'agissait donc de trouver un moule fermé qui aurait donné à « la bouteille française la régularité de forme, de contenance, de pi- « qûre, de col, tout en lui conservant cette boudine, qui laissait à la fa- « brication française son caractère particulier en même temps qu'une « plus grande solidité. C'est du Midi de la France qu'est venue cette « invention. M. Cahuc, de Bordeaux, avait imaginé un moule tournant « avec fond de terre qui fût mis en application dans les verreries de Do- « rignies (Nord) dès 1878.

« Presque à la même époque, divers moules non tournants ont été « brevetés : tels sont les moules Tronchet avec fond de terre, le « moule E. Houtart avec fond partie en métal, partie en terre.

« Le moule tournant système Boucher actionné au moyen d'un mo- « teur était entièrement métallique, mais les parois portaient des rai- « nures hélicoïdales et le fond était à claire-voie.

« Les verreries du Lyonnais se servaient du moule allemand tout en « métal ; ce fût M. Hutter qui, le premier, inaugura cette fabrication à « Rive-de-Gier.

« En Allemagne, le moule en métal avec fond à ailettes était couramment « employé ainsi qu'en Autriche, en Belgique, en Suède et en Hollande.

« Les verreries anglaises employaient et emploient toujours le moule « en fonte qui ne leur permet pas d'obtenir des piqûres aussi fortes que « celles des bouteilles françaises et allemandes.

« La fabrication des bouteilles, dès cette époque, avait réalisé un « réel progrès, mais on n'avait pu jusque là supprimer le soufflage des « bouteilles, les travaux pénibles qui l'accompagnent, enfin les inconvé- « nients qui en résultaient au point de vue humanitaire pour les ou- « vriers verriers.

« C'est à la suite d'une grève survenue à la verrerie de Cognac, chez « M. Boucher, que ce dernier problème a été enfin résolu. Ayant fermé « définitivement son usine à la suite d'une mise à l'index de la fédéra- « tion des ouvriers verriers, M. Boucher se mit à l'œuvre pour tâcher « d'arriver à fabriquer les bouteilles mécaniquement.

« Le résultat était d'autant moins assuré que d'autres inventeurs « avaient échoué complètement dans leurs essais.

« Dans ce nombre se trouve M. Ashley qui avait imaginé une machine « pour la fabrication des bouteilles à fond plat. Cette machine essayée « d'abord en Angleterre, fût essayée également dans plusieurs verre- « ries du Nord de la France, notamment à celles d'Escaupont en 1890 « et de Dorignies en 1896, sans qu'il ait été possible d'obtenir de ré- « sultats satisfaisants dans aucune de ces verreries.

« M. Vernay, de Bordeaux, avait fait breveter une machine qui fût « essayée également en plusieurs verreries, sans le moindre succès, d'a- « bord à Lyon, puis à Folembray, à Paris, à la verrerie de Denain, « pendant plusieurs mois sans qu'il ait été possible d'obtenir une seule « bouteille.

« La machine Maussier, de Saint-Galmier, ne donna pas de meilleurs « résultats dans les essais faits à Lyon.

« Ces nombreux insuccès avaient persuadé le public et même les « verriers qu'on ne parviendrait jamais à fabriquer les bouteilles méca- « niquement.

« Cependant les essais entrepris à cet effet par M. Boucher en 1894, « dans sa verrerie de Cognac ont été couronnés de succès après trois « années de persévérance, de travail acharné et de dépenses coûteuses. « Depuis trois années, M. Boucher fabrique dans un four à bassin à « travail continu des millions de bouteilles, qu'il livre au commerce.

« Dans son exposition, M. Boucher exhibe des bouteilles de toutes « formes, notamment des embouchures qu'on ne pourrait obtenir à la « main. En un mot c'est là une fabrication qui atteindra bientôt la per- « fection.

« Le Jury, à l'unanimité, reconnaissant que M. Boucher avait le « premier, résolu le difficile problème de la fabrication mécanique des « bouteilles, reconnaissant également l'immense service rendu par cet « inventeur à l'industrie verrière et à l'hygiène des ouvriers verriers lui « a décerné un Grand-Prix. »

La fig. 92 représente une partie des bouteilles et des carafes, fabriquées mécaniquement avec les machines Boucher à la verrerie de Cognac, et ayant figuré à l'Exposition Universelle de Paris en 1900.

Les nombreux directeurs de verreries qui viennent de toutes les parties du monde visiter la verrerie de Cognac pour constater les résultats remarquables qu'on obtient dans cette usine avec les procédés de fabrication mécanique imaginés par M. Boucher, sont également intéressés au plus haut point par le four de fusion et l'arche de recuisson que cet inventeur a, à la suite de nombreux perfectionnements et d'une grande

expérience, portés à un degré de simplicité et de perfection que nous n'avons encore constaté nulle part.

J'ai, dans mes précédents ouvrages, assez fait l'éloge des fours Siemens pour ne pas être taxé de partialité.

Ces fours sont excellents et ils donnent des résultats remarquables partout où ils sont bien conduits.

Fig. 92.

Mais il faut bien reconnaître que si les manœuvres de renversement ne sont pas faites à intervalles réguliers la température varie beaucoup. De plus, la construction de ces fours est très compliquée.

En outre, la flamme traversant le bassin dans le sens de sa largeur, le combustible n'est pas absolument utilisé.

Enfin, le cueillage du verre tel qu'il se pratique en des ouvreaux complètement ouverts laisse perdre une grande quantité de chaleur et a l'inconvénient d'exposer les ouvriers aux morsures du feu et de les aveugler par la réverbération du bain de verre.

M. Boucher a pu faire disparaître ces inconvénients en combinant un four qui permet de réaliser une notable économie de combustible sur les fours à bassin système Siemens.

Ces avantages proviennent :

1° De la simplicité des moyens de récupération.

2° De la parfaite utilisation de la flamme qui traverse dans toute sa longueur un bassin qui atteint jusqu'à 12 m de longueur.

3° En ce que les ouvreaux étant fermés hermétiquement par les tubes de cueillage (plongeurs) on peut marcher en aspiration, ce qui permet d'obtenir une allure plus régulière du gazogène et un mélange plus parfait du gaz et de l'air chaud.

Les plongeurs ou tubes en argile représentés dans la coupe transversale (fig. 96) entrent pour une bonne part dans la perfection de ce four. En effet, ces plongeurs qui sont emboîtés et lutés dans les ouvreaux qu'ils ferment hermétiquement, suppriment la déperdition de chaleur qui a lieu habituellement, et ils permettent de marcher en aspiration ce qui rend la combustion beaucoup plus parfaite.

Enfin l'emploi de ces plongeurs pour le cueillage du verre en mettant les ouvriers à l'abri de la flamme et de la réverbération du bain de verre, constitue pour eux une amélioration extrêmement importante et leur rend le travail moins pénible et plus facile, attendu que le verre qui a été fondu et affiné à une température très élevée, devient suffisamment pâteux dans les plongeurs pour que les ouvriers puissent le cueillir aisément. Les bouteilles fabriquées mécaniquement sont également plus belles lorsque le verre est cueilli dans les plongeurs parce que le verre étant moins fluide, l'ouvrier peut enrouler en une seule fois, autour de sa canne, la quantité nécessaire à la fabrication d'une bouteille.

En somme, le four Boucher utilise le combustible d'une façon aussi parfaite que possible puisque la flamme le traverse dans toute sa longueur. Il est tellement simple que les premiers ouvriers venus peuvent le conduire.

La température excessivement élevée et régulière qu'on obtient dans ce four permet d'y fondre et affiner du verre très siliceux, éminemment propre à la fabrication mécanique et donnant des bouteilles ayant un éclat et une solidité remarquables.

La composition du verre employé à la verrerie de Cognac est la suivante :

Silice	70 0/0
Chaux	17 0/0
Soude	9 0/0
Alumine	2 0/0
Fer	1 0/0
Manganèse	1 0/0

DESCRIPTION DU FOUR BOUCHER

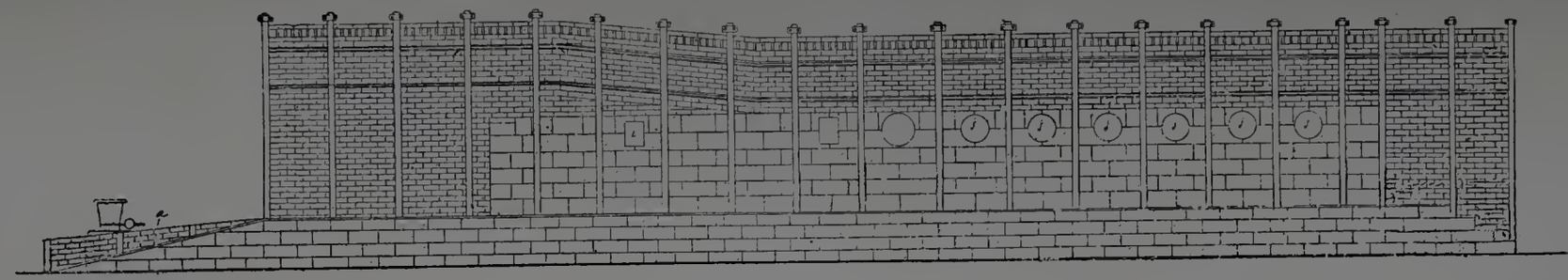


Fig. 93. — Façade.
a. Gazogène. — *i*, Ouvreaux d'enfournement. — *j*, Ouvreaux de cueillage.

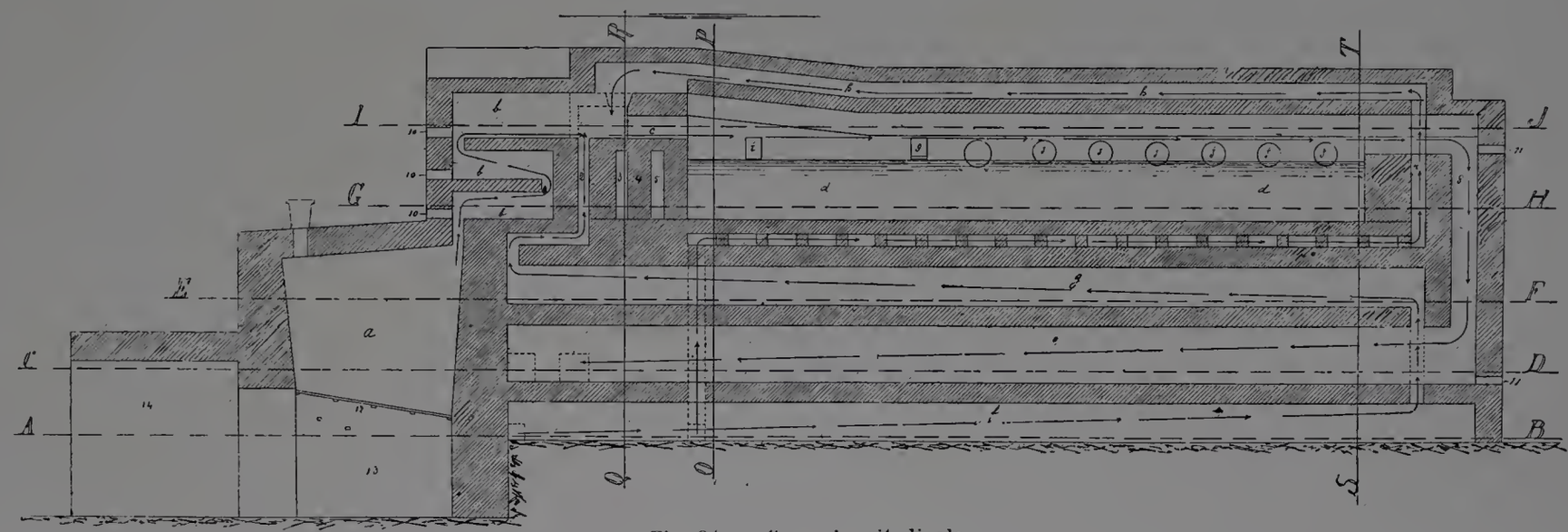


Fig. 94. — Coupe longitudinale.

a, Gazogène.
b, Chambres à gaz dans lesquelles se déposent la suie et la cendre.
10 Regards et ouvertures pour le ramonage.
3. Conduit d'aération.
4. Mur de protection.
5. Conduit d'aération.
c, Autel sur lequel s'opère le mélange du gaz et de l'air chaud.
d, Bassin
i, Ouvreaux d'enfournement.
9. Encastrement pour le barrage.
j, Ouvreaux de cueillage.
8. Puits de descente de la flamme.
e, Carneau conduisant la flamme à la cheminée.
f, Carneau inférieur à air.
g, Carneau supérieur à air.
6. Conduit par lequel l'air qui a circulé dans le bassin, suivant la direction des flèches s'élève pour pénétrer dans la chambre *h* formée par la voûte du four et la voûte supérieure.
11. Regards.
12. Grille du gazogène.
13. Cendrier.
14. Chambre antérieure pour le décrassage.

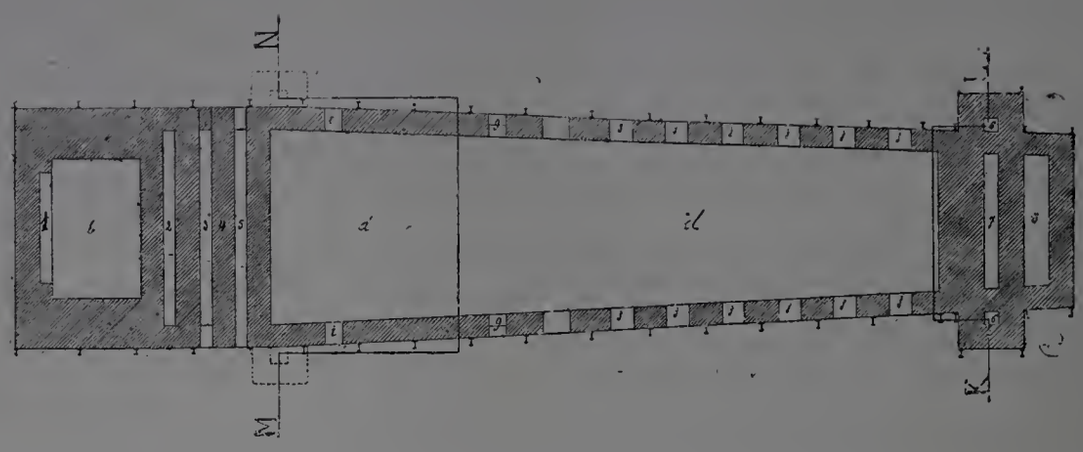


Fig. 95. — Coupe horizontale.

1. Passage du gaz à l'extrémité du gazogène.
b, Chambre à gaz.
2. Passage du gaz à sa sortie des chambres *b*.
3. Conduit d'aération.
d, Bassin.
6 et 7. Conduits par lesquels l'air qui a circulé sous la sole du bassin s'élève pour pénétrer dans la chambre *h* située au-dessus de la voûte du four.
8. Puits par lesquels la flamme après avoir traversé le bassin dans toute sa longueur descend pour pénétrer dans le carneau *e*.
9. Encastrement pour les pièces du barrage.
i, Ouvreaux d'enfournement.
j, Ouvreaux de cueillage.

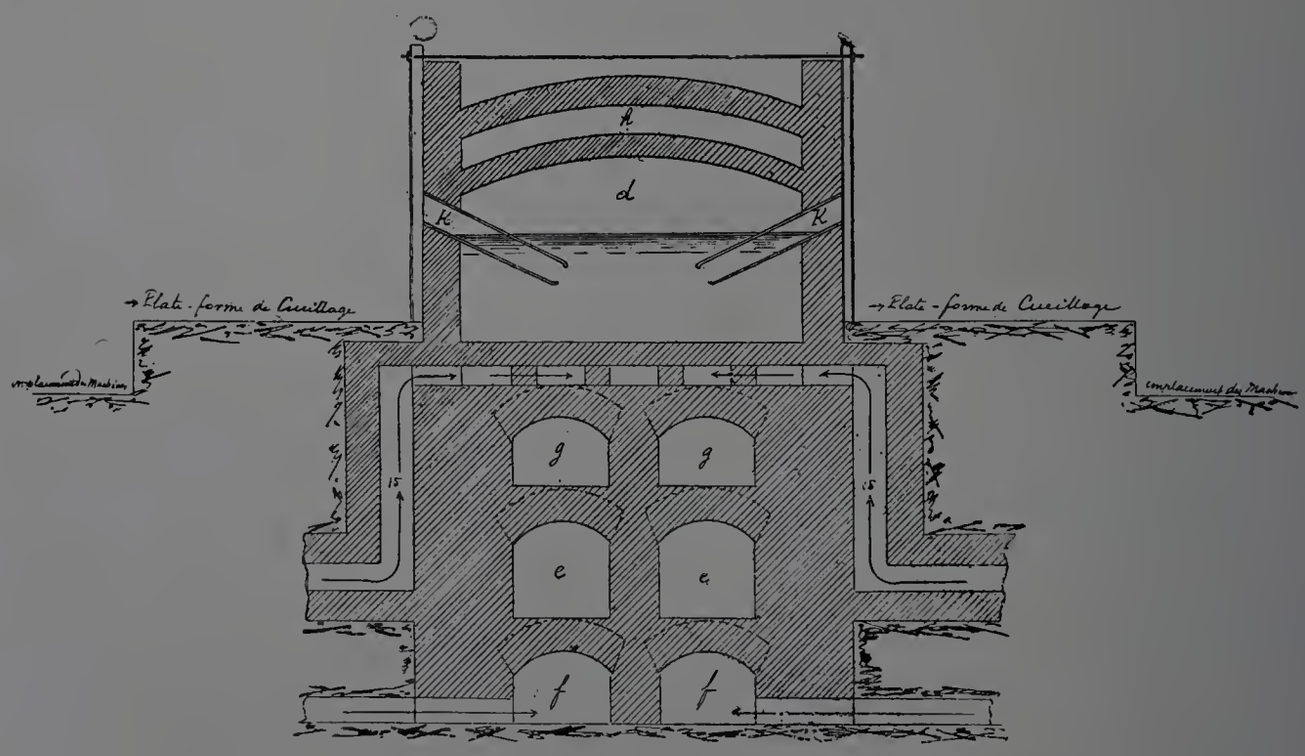


Fig. 96. — Coupe transversale par les ouvreaux de cueillage laissant voir en même temps les conduits *15* dans lesquels l'air s'élève pour pénétrer derrière l'autel sous la sole du bassin.

On voit également dans cette figure les carneaux à flamme *e*, les carneaux inférieurs *f*, les carneaux supérieurs à air *g*, la chambre à air chaud *h*, enfin les plongeurs *k* dans la position qu'ils occupent pour permettre de cueillir le verre à une certaine profondeur.

Ce four fonctionne de la façon suivante : Le gaz produit dans le gazogène *a* circule dans la chambre *b* dans laquelle se dépose la suie qu'on retire aisément par les ouvertures 10.

Arrivé à l'autel *c* le gaz se mélange à l'air chaud qui a circulé suivant la direction des flèches, dans les carneaux *f* placés au-dessous des carneaux à flamme *e* et ensuite dans les carneaux *g* placés au-dessus des carneaux à flamme. L'air qui s'est réchauffé en circulant dans ces carneaux vient ensuite se surchauffer derrière le mur du gazogène et s'élève au-dessus de l'autel pour se mélanger avec le gaz.

D'autre part, l'air qui pénètre sous la sole du bassin par les conduits *15* et circule sous cette sole, suivant la direction des flèches, s'élève à l'extrémité du bassin, par les conduites *6*, pour pénétrer dans la chambre *h* formée par la voûte du four et la voûte supérieure.

La température obtenue dans cette chambre étant très élevée, l'air qui circule, suivant la direction des flèches, arrive à une température régulière de 900 à 1 000 degrés, se combiner avec le gaz. Et cela de la façon la plus simple, sans renversement. Les registres placés à l'entrée des carneaux à air sont réglés au début de la campagne et on ne s'en occupe plus, l'air chaud circulant régulièrement et en quantité nécessaire pour permettre d'obtenir une combustion parfaite.

Nos lecteurs connaissent l'importance de la recuisson des bouteilles qui, avec l'ancienne fabrication dans les fours à creusets, était obtenue en des fourneaux fixes ou carcaises.

Ces fourneaux, qui occupaient un espace considérable ont été généralement abandonnés dans les verreries qui emploient les fours à bassin et remplacés par des arches ou longs tunnels dans lesquels on fait circuler lentement les bouteilles, de façon à obtenir un groupement parfait des molécules de verre.

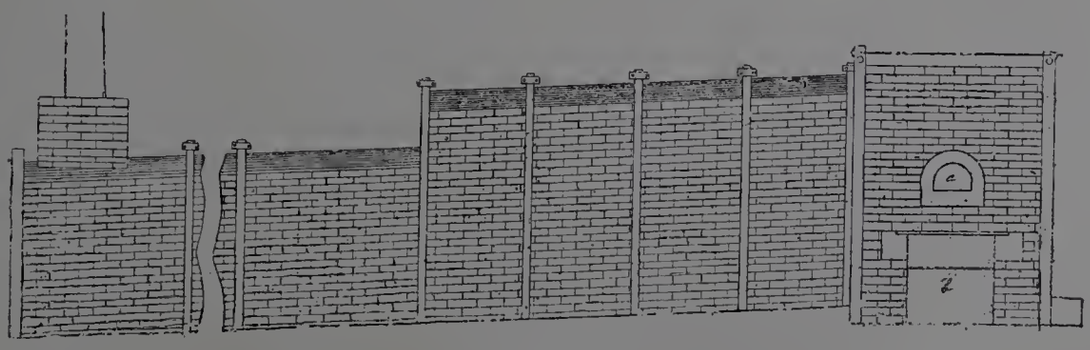


Fig. 97.

Nous croyons devoir représenter ici l'arche de recuisson que M. Bou-

cher a agencée et mise au point d'une façon parfaite à la Verrerie de Cognac.

(Fig. 97). Vue longitudinale de l'arche qui a une longueur totale de 25 m.

a, Foyer.

b, Cendrier.

(Fig. 98). Coupe transversale laissant voir le vagon *c* dans lequel les bouteilles sont déposées.

d est une chambre dans laquelle la flamme produite dans le foyer vient s'emmagasiner pour se répandre ensuite dans l'arche au-dessus des vagons.

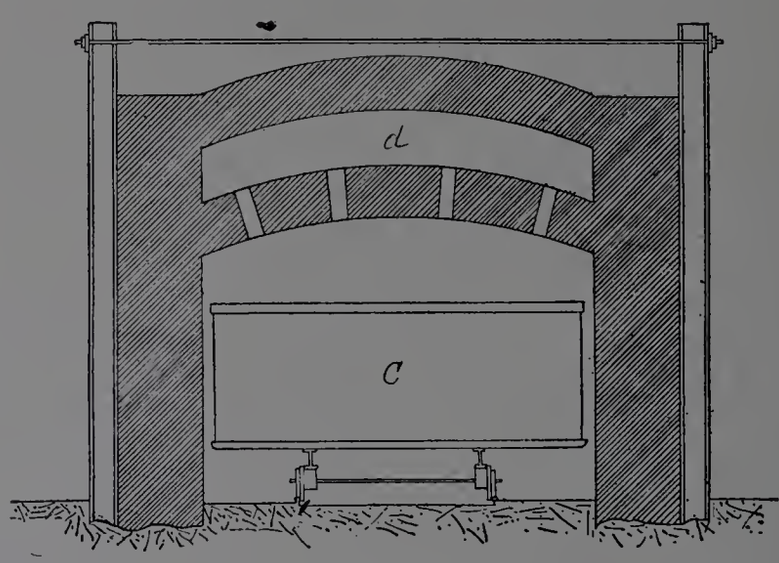


Fig. 98.

Le fonctionnement de cette arche nous a paru être d'une grande simplicité. Les vagonnets qui contiennent six cents bouteilles, roulent sur une voie qui a une pente de 6 cm par mètre, ce qui permet d'actionner facilement le train composé de seize wagons.

L'arrimage des bouteilles se fait avec la plus grande facilité dans ces vagonnets. Les bouteilles sont introduites par des ouvertures pratiquées dans le mur en face du foyer *a*.

Le combustible employé au chauffage de cette arche est le coke ou même des escarbilles.

La température y est très régulière et les bouteilles sortent de là indemmes de tout dépôt de noir de fumée.

En somme, les maîtres-verriers et les Ingénieurs qui visiteront la verrerie de Cognac se rendront compte qu'aussi bien avec son système de four que par ses procédés de soufflage et de moulage, M. Boucher a créé de nouveaux moyens de fabrication qui ouvriront une ère nouvelle dans l'art de la Verrerie au vingtième siècle.

Les procédés de fabrication de M. Boucher viennent d'être appliqués avec le plus grand succès à la verrerie de Saint-Hélens (Angleterre) dont la compagnie crée dans l'Afrique du sud (au Cap) une verrerie où vont être appliqués ces procédés.

Les maîtres de verreries français ont acheté les brevets pour la France. La verrerie de Fresne a acquis ces brevets pour le nord de la France; la Société des verreries du Puy-de-Dôme les a acquis pour le centre de la France; la Société de Saint-Galmier pour la Loire et l'Isère; les verreries de Carmaux pour le Tarn et l'Hérault; un autre groupe les a acquis pour le reste de la France.

Le groupe des 11 verreries importantes de Champagne a acquis ces brevets pour la fabrication des bouteilles champenoises.

Au moment de terminer ce travail nous apprenons que l'Académie des sciences vient de décerner le prix Monthyon (arts insalubres) à M. C. Boucher, nous prions le lecteur de se reporter à ce sujet à la dernière page de cet ouvrage.

Autres perfectionnements apportés à la fabrication des bouteilles.

Fourneaux à recuire les bouteilles. — La verrerie de Denain (Nord) vient d'établir des fourneaux à recuire d'un système nouveau, qui au moyen d'un récupérateur spécial, permettent un mélange intime d'air *chaud* au gaz provenant des gazogènes.

On obtient par ce moyen une température plus élevée avec une consommation de gaz réduite.

Porteur mécanique. — Afin de rendre aussi claires que possible les explications qui vont suivre, on a représenté, à titre d'exemple, sur les dessins annexés, un transporteur mécanique muni des derniers perfectionnements.

La figure 99 est une vue schématique montrant une élévation longitudinale du transporteur.

La figure 100 en est une vue en bout.

La figure 101 représente la palette destinée à placer les bouteilles sur le transporteur.

Les transporteurs mécaniques utilisés dans les verreries pour amener les objets fabriqués aux fours à recuire se composent essentiellement d'une chaîne sans fin *ee* entraînée par des roues rr', dont l'une, r, est actionnée par un moyen quelconque (petite dynamo, par exemple).

L'ouvrier place les bouteilles sur la chaîne sans fin du côté de la roue r ; arrivées en r' les bouteilles glissent sur une tôle inclinée t qui débouche dans le four à recuire f.

Or, dans ce dispositif, il se présente divers inconvénients : il y a d'abord perte de temps dans le placement de la bouteille sur le transporteur ; puis, la bouteille se trouvant à une température supérieure à celle que peut avoir la chaîne, subit au contact de celle-ci un refroidissement qui a pour conséquence ce fait que souvent 50 0/0 des bouteilles ainsi amenées au four à recuire sont atteintes de ce qu'on appelle le glacé et qui constitue une défectuosité dans la fabrication.

Les perfectionnements apportés aux transporteurs mécaniques remédient complètement aux inconvénients que nous venons de signaler.

A la partie supérieure de la chaîne du côté de la réception des bou-

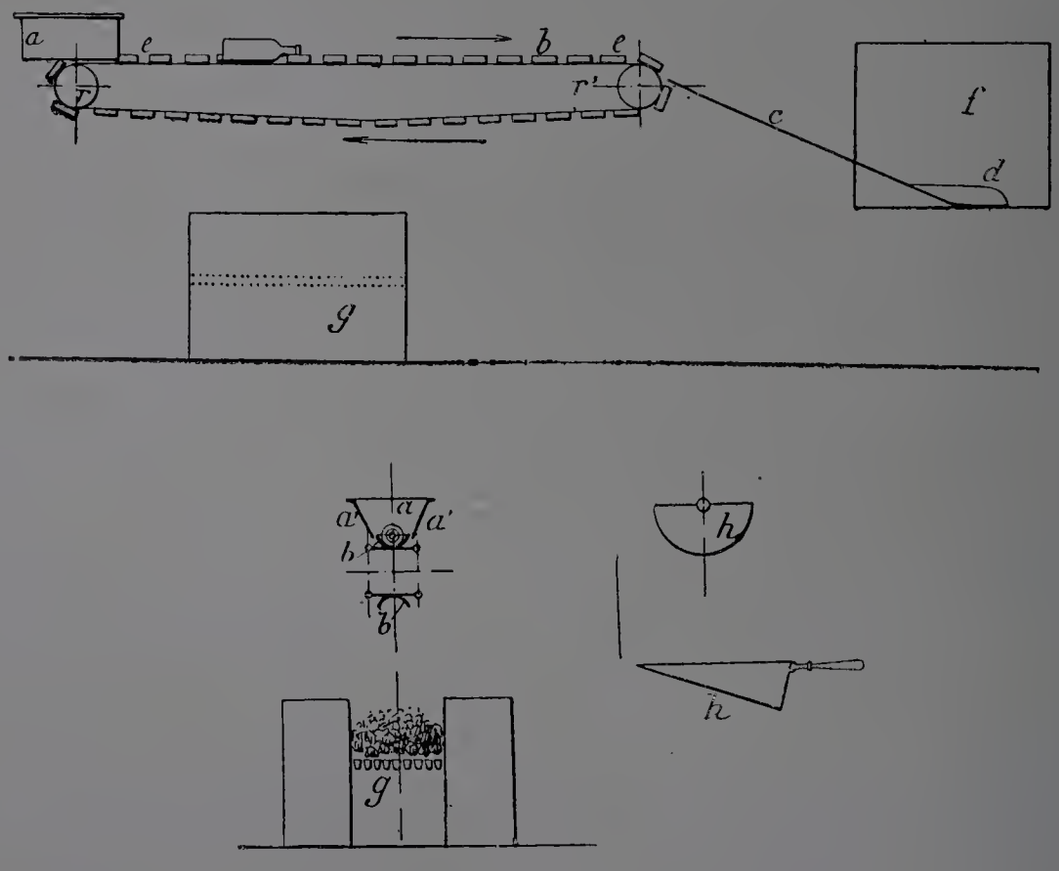


Fig. 99, 100 et 101.

teilles sur le transporteur est disposé un entonnoir spécial a en tôle d'acier (voir fig. 99 et 100). Il se compose de deux plaques $a'a''$ à rebord laissant à leur partie inférieure un espace libre ou ouverture dont la largeur est égale à celle de la chaîne ; c'est par cette ouverture que les bouteilles introduites dans l'entonnoir viennent se placer sur la chaîne.

Les bouteilles, au lieu d'être disposées dans le sens transversal de la

chaîne sur de petits socles en bois, tombent, dans le sens de la longueur de la chaîne, dans des godets *b* formés d'un tissu métallique et d'une matière appropriée incombustible.

A l'extrémité postérieure de la chaîne est placé le dispositif délivreur. Il est essentiellement constitué par une tôle inclinée *c* dont la partie inférieure *d* qui se termine dans le four à recuire *f*, affecte la forme d'un soc de charrue. Grâce à ce dispositif, la bouteille, en quittant la chaîne, glisse sous l'action de son propre poids sur la tôle inclinée revêtue d'un tissu métallique, remonte la partie relevée en forme de soc de charrue qui fait rouler la bouteille par côté dans l'intérieur du four à recuire, ce qui supprime une main-d'œuvre.

On a vu plus haut l'inconvénient résultant de la basse température de la chaîne. Pour y remédier, on dispose au-dessous de la chaîne et vers son milieu, en *g*, un four ou foyer à coke dont la grille se trouve à environ 30 centimètres du brin inférieur de la chaîne.

Le placement des bouteilles dans l'entonnoir *a* s'effectue à l'aide de la palette *h* représentée par la figure 101. Elle a une forme concave inclinée vers le manche et une longueur convenable.

Dans les anciens transporteurs, on plaçait les bouteilles en les saisissant par l'épaule ; on glaçait ainsi les bouteilles à cet endroit ; la nouvelle palette permet de remédier à cet inconvénient.

Machine à plumettes. — Dans la fabrication d'un grand nombre de bouteilles, afin de pouvoir tourner facilement le verre dans le moule on y introduit quelques copeaux en bois appelés « plumettes ».

Jusque maintenant, la mise de ces plumettes dans le moule était faite par un gamin. On se sert actuellement à la verrerie de Denain d'un appareil supprimant complètement *le gamin.*

Cet appareil, imaginé par M. Firmin Houtart, est représenté dans le dessin annexé.

Par l'emploi du transporteur mécanique, d'une fourche spéciale se graissant automatiquement et de la machine à plumettes, la verrerie de Denain est parvenue à réduire son personnel de gamins d'une façon considérable. Un seul gamin suffit désormais à desservir 6 places, ce qui constitue un énorme progrès et une grande économie de main-d'œuvre.

Transport des bouteilles aux magasins. — Cherchant toujours à réduire la main-d'œuvre, la verrerie de Denain transporte les bouteilles sortant du fourneau à recuire jusqu'au magasin en employant un procédé spécial.

Les bouteilles sont chargées dans un petit wagonnet roulant sur un chemin de fer aérien, qui sans exiger aucune force, dépose son chargement au magasin, évitant par la douceur même du moyen de transport, cette casse qui résultait autrefois des heurts et des secousses que recevaient les chariots durant le trajet.

Il est utile de dire que ce transport se fait beaucoup plus rapidement qu'autrefois.

Porte-cannes. — La mise en usage du porteur mécanique exigeant l'espace libre devant les places et ne comportant plus l'emploi des gamins, on a dû trouver un procédé supprimant les anciennes casselles et mettant les cannes à portée de la main de l'ouvrier.

M. Eug. Houtart a résolu le problème en faisant breveter un appareil nouveau à la date du 27 juin 1891 (Addition du 1er mai 1897).

Le dessous des places qu'on a creusé, y permet la circulation d'un courant d'air qui aère le four en même temps qu'il glace le verre resté attaché à la canne.

Celle-ci, munie d'une bague sur sa partie supérieure, est maintenue verticalement sur deux glissières en acier placées dans une position inclinée.

L'ouvrier dépose à un bout de ces glissières la canne dont il vient de se servir et prend à l'autre bout la canne débarrassée de verre avec laquelle il fera son cueillage. C'est sous l'action de leur propre poids que les cannes font le trajet d'un bout à l'autre des glissières.

Nous avons également remarqué l'emploi d'un laveur mécanique.

L'ensemble de ces procédés qui dénotent chez leurs auteurs une grande pratique de leur métier, constitue des perfectionnements très appréciables si l'on considère les difficultés que l'on éprouve généralement à employer les enfants qui étaient occupés jusqu'à présent à ces travaux.

Les « places » de travail ainsi disposées permettent l'emploi de ventilateurs puissants, au moyen desquels on peut introduire sur « les places » une circulation d'air frais au grand avantage des ouvriers qui n'ont plus à souffrir de la chaleur pendant les mois d'été.

Nous sommes heureux d'applaudir ici aux progrès réalisés par M. Eugène Houtart dans la fabrication des bouteilles. Sa grande pratique industrielle, sa grande habileté commerciale, en ont fait une des plus grandes personnalités dans cette fabrication spéciale. M. Houtart, choisi avec raison comme rapporteur de la classe de la verrerie à l'Exposition universelle de 1900 vient de s'adjoindre, il y a quelques mois, comme

collaborateur, son fils aîné, M. Firmin Houtart. Déjà des améliorations sensibles ont été apportées à la fabrication par ce jeune collaborateur instruit, intelligent et actif. Nous sommes convaincu du brillant avenir réservé à ce jeune verrier dont l'esprit inventif trouvera de nombreuses occasions de s'affirmer.

Appareil à couper les plumettes et à les introduire dans les moules à bouteilles.

L'épaisseur des plumettes étant de 1/4 millimètre, si nous voulons en mettre 1000 dans l'étui, la longueur occupée sera $\frac{1000}{4} = 250$ millimètres, ce qui nous donne la longueur utile de l'étui. Cette longueur peut être diminuée ou augmentée selon le nombre de plumettes que l'on désire introduire à chaque opération.

Les plumettes sont bloquées dans l'étui sur une hauteur de 30 millimètres à l'aide de la vis B et de l'écrou à oreilles C.

Le support de guidage de l'étui est une pièce de fonte qui porte à gauche une douille pour le passage de la vis de réglage et à droite un plat destiné à recevoir la lame d'acier qui est fixée rigidement sur ce plat à l'aide de deux vis à tête fraisée de 4 millimètres.

La vis F servant à régler l'avancement de l'étui à plumettes est en acier. Son diamètre est de 16 millimètres et son pas de $1^{mm},5$. Elle n'est

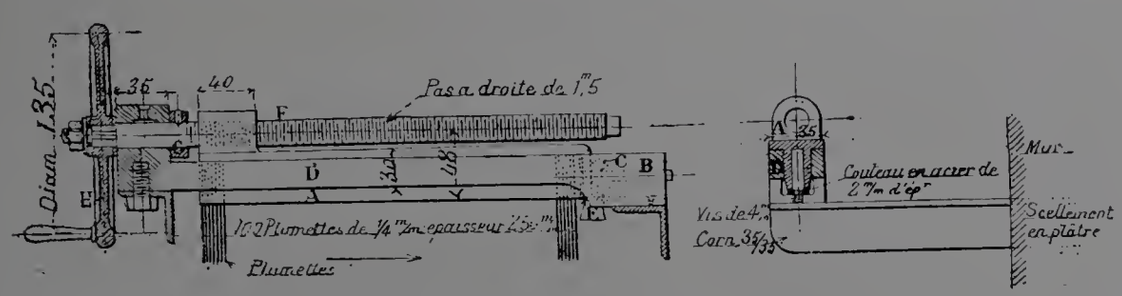


Fig. 102.

supportée qu'à l'une de ses extrémités dans la douille du support de guidage. Un volant muni de sa poignée sert à la manœuvre de la vis.

Manœuvre de l'appareil. — La lame E (ou couteau) qui est destinée à couper les plumettes est fixée d'une façon rigide sur le support de guidage. Son tranchant est juste dans l'axe d'un entonnoir incliné, conduisant dans l'axe du *moule*.

Pour couper les plumettes, il suffit donc d'avancer l'étui dans le sens de la flèche à l'aide de la vis F par l'intermédiaire du volant H.

Comme nous devons couper 3 plumettes à la fois, soit une épaisseur de $3 \times 1/4 = 3/4$ millimètre, l'étui doit donc avancer de 3/4 millimètre. Le pas de la vis réglant l'avancement étant de $1^{mm},5$, il nous suffira de faire un demi-tour de volant (La course du volant est assurée par des crans d'arrêt).

La face (*ab*) étant bien dressée glissera sur la lame dès que plusieurs plumettes auront été coupées. La manœuvre se résume donc à faire un demi-tour de volant chaque fois que l'on veut couper 3 plumettes. Le volant pourrait être remplacé par un levier quelconque.

Le mode de fixation dans le mur avec les 2 cornières peut aussi être modifié.

CHAPITRE II

ESSAI DE LA RÉSISTANCE DES BOUTEILLES A LA PRESSION

Les études faites par M. Salleron, sur la résistance des bouteilles, ont permis de constater l'importance de la pression que peuvent supporter les bouteilles.

D'après Maumené, « les bouteilles à champagne arrivant de la verrerie sont très souvent capables de résister à 30 atmosphères, pendant les 2 ou 3 minutes que dure un essai, et l'expérience prouve qu'une bouteille, dans laquelle le gaz acide carbonique parvient à développer 8 atmosphères pendant quelque temps, est une bouteille perdue ».

D'après les essais auxquels MM. Pol Roger et Cie, d'Epernay soumettent les bouteilles, ces Messieurs sont amenés à éliminer les bouteilles qui ne résistent pas à la pression intérieure constante de 17 atmosphères. Cet essai des bouteilles s'effectue à l'aide d'un appareil imaginé par M. Salleron, que nous recommandons.

Le verre est, en effet, un corps élastique et, sous l'influence de pressions intérieures, on voit les objets en verre, bouteilles, touries, se gonfler et augmenter de capacité. Si, sous une certaine pression, les limites de l'élasticité du verre sont dépassées, la bouteille conserve une partie du gonflement éprouvé et ne reprend plus sa capacité primitive lorsqu'on cesse de la soumettre à la pression. Voici comment M. Salleron l'a démontré : Au col d'une bouteille, on ajoute un tube *ab* de faible diamètre divisé en centièmes de centimètres cubes et constituant un prolongement très étroit du col de la bouteille.

Ce tube permet de mesurer exactement, par la diminution de la hau-

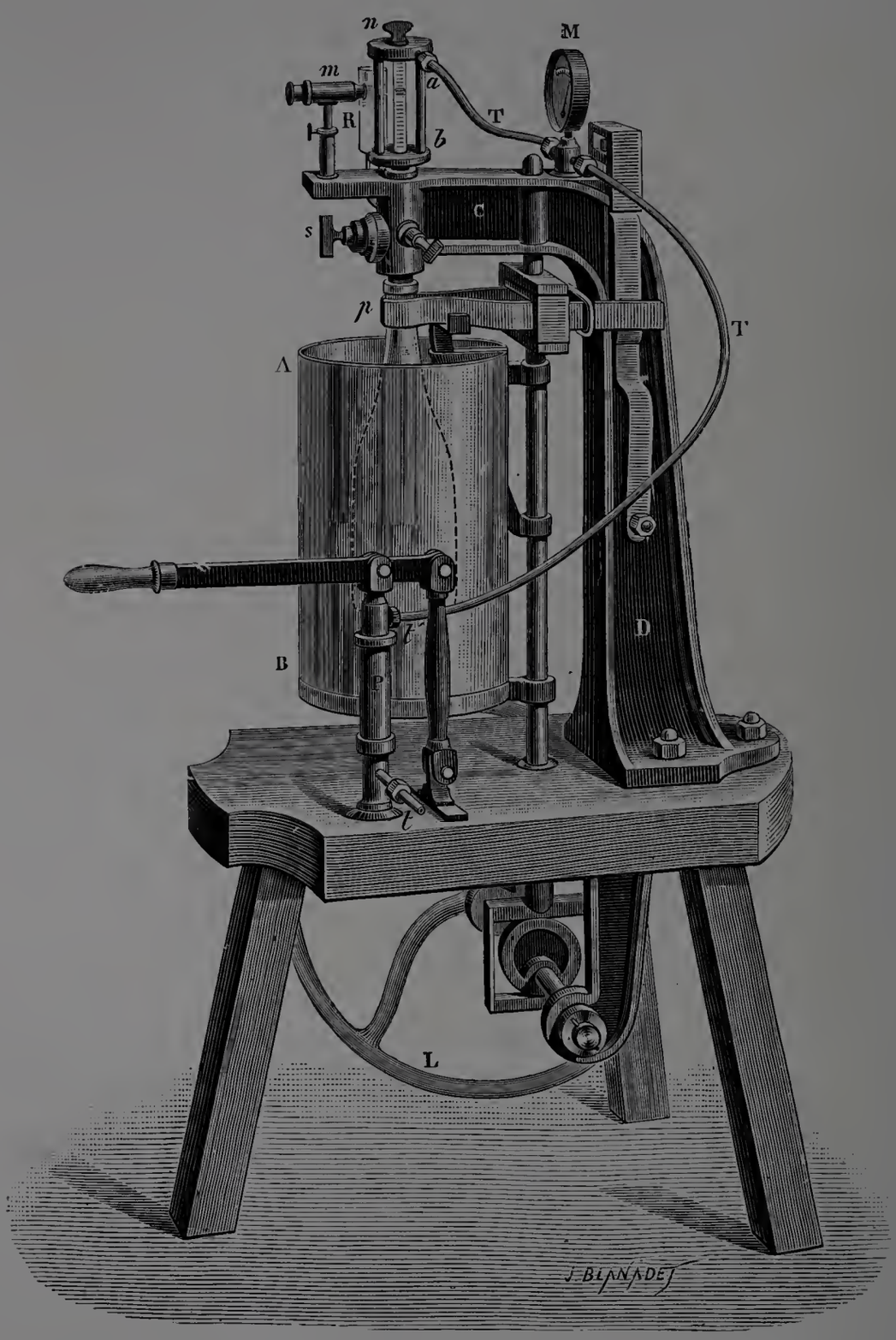


Fig. 103.

teur du liquide, les changements de capacité qui peuvent se produire dans la bouteille soumise aux essais.

La partie supérieure *a* du tube gradué est mise en communication à l'aide du tube de raccord *t* avec une petite pompe foulante P (fig. 104). qui comprime de l'air au-dessus de l'eau qui remplit la bouteille. Un manomètre M mesure à chaque instant la pression à laquelle la bouteille est soumise. Enfin la bouteille est immergée au sein d'un bain-marie B qui la maintient à une température déterminée qu'on maintient fixe à l'aide d'un thermo-régulateur R.

Une bouteille du 985 grammes et d'une capacité de 825 cm³, maintenue dans le bain-marie à une température de 10° et soumise graduellement à 10 atmosphères de pression a augmenté de capacité de 0cm³,600.

Pour 13 atmosphères, l'augmentation a été de 0cm³,800.

Pour 14 atmosphères, 0cm³,900.

Donc cette bouteille a subi dans sa constitution une modification pro-

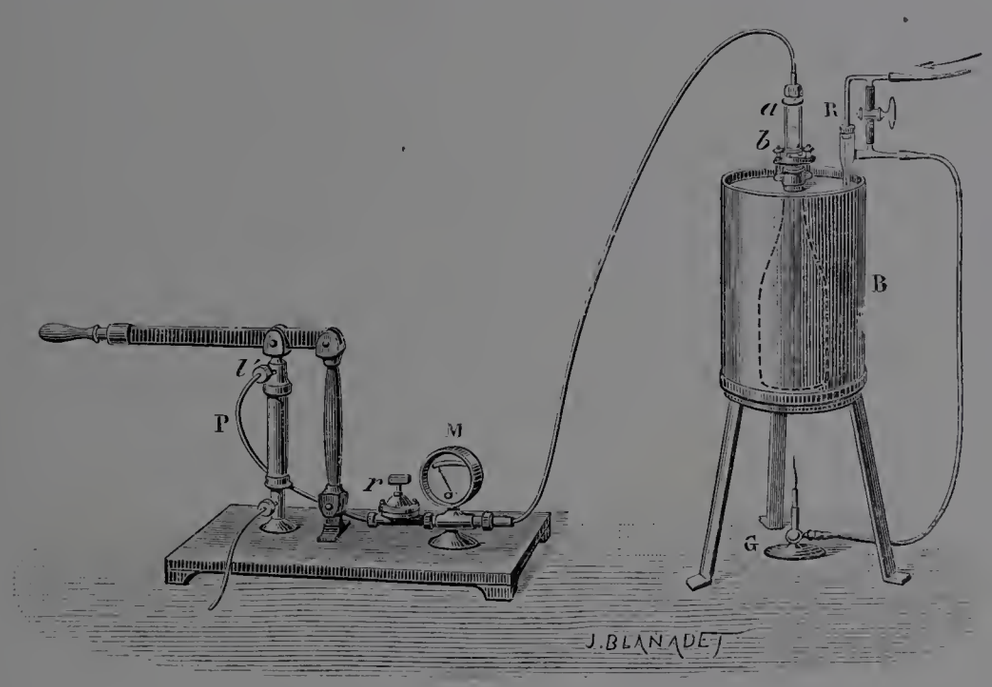


Fig. 104.

fonde, qui doit nécessairement diminuer sa résistance. Quand, à un moment donné, les molécules sont parvenues à la limite de l'écartement qui correspond à la largeur de leurs côtés, ou l'ont plus ou moins dépassée, le verre se rompt dans certaines régions internes ; si l'effort persiste, les lésions s'agrandissent, se propagent jusqu'à ce que le verre se détache en morceaux ; en examinant à la loupe la tranche des fragments de verres cassés, très souvent on voit des « esquilles », des fissures produites par le changement d'état permanent du verre.

Toutes les actions extérieures qui tendront à déplacer les molécules du verre : élévation de la température, vibrations, chocs plus ou moins violents, auront une influence considérable sur la résistance du verre et auront pour effet de diminuer considérablement cette résistance.

Dans un autre ordre d'idées, l'inégale épaisseur du verre et la composition chimique joueront également un rôle important : une épaisseur irrégulière amène, en effet, une recuisson inégale des diverses parties du verre ; quant à la composition chimique, elle fait varier dans d'énormes proportions la ténacité du verre, sa résistance aux actions chimiques que pourront exercer les divers liquides que les objets en verre sont appelés à contenir. A ce point de vue, il faudrait pour ainsi dire avoir un verre de composition spéciale pour chaque liquide à conserver.

Tout ce que nous venons de dire, relativement à la résistance des bouteilles, s'applique à tous les récipients en verre, quelle que soit leur capacité. C'est même dans le cas des pièces d'un volume considérable, bonbonnes, touries, que les soins à apporter dans la fabrication doivent être plus minutieux. Ce qui rend, en effet, les bonbonnes, touries, relativement moins résistantes que les bouteilles, c'est la difficulté de les obtenir d'une épaisseur absolument régulière ; aussi, dans un travail que j'ai été appelé à faire à ce sujet (1) — et où les personnes que ces questions intéressent pourront trouver des renseignements plus nombreux et plus détaillés que ceux que nous pouvons donner ici — il a été dit que, pour les touries employées au transport des produits chimiques et autres liquides, il nous semble indispensable d'avoir recours, comme moyen de fabrication, au soufflage à l'air comprimé ».

Comme nous l'avons dit, et nous devons insister sur ce fait, la fabrication mécanique des bouteilles en une meilleure répartition de la matière, permettant de renforcer les parties plus délicates, augmentera sensiblement la résistance du verre et diminuera la proportion de casse dans les transports.

---

(1) *La résistance du verre,* par Jules Henrivaux, publiée par la *Revue Scientifique*, en 1891. Editée par la Société d'Editions Scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois, 1892.

CINQUIÈME PARTIE

CRISTAL — TAILLE ET GRAVURE

CHAPITRE PREMIER

CRISTAL

Taille et gravure. — Les archéologues admettent tous que les anciens connaissaient le cristal. Pour rester dans les limites du cadre qui nous est imposé nous devons simplement rappeler ici que *le cristal est un silicate de potasse et de plomb*, ce qui le distingue du *verre* qui est lui, un *silicate de soude et de chaux ;* dans certains cas le verre peut être un silicate de potasse et de chaux, ou même un mélange de silicate de soude, de potasse et de chaux.

Ce qui aux yeux du public distingue le cristal du verre, c'est sa densité, sa sonorité, c'est son pouvoir réfringent, particularité que l'on utilise, et que l'on exagère utilement par la taille, par la gravure.

Le cristal doit être, pour produire le maximum d'effet utile, très dense, et en même temps aussi exempt que possible de coloration. Ces deux qualités malheureusement s'excluent jusqu'à un certain point. La densité maximum est obtenue en forçant le plus possible la quantité de plomb (minium) dans la composition vitrifiable, mais alors on forme des silicates de plomb qui ont une tendance à produire une coloration jaunâtre, puis aussi de nuire à la limpidité du cristal.

C'est à cause de cet inconvénient qu'on a essayé de produire du cristal en remplaçant successivement le plomb par d'autres métaux, ou pour parler plus exactement l'oxyde de plomb par d'autres oxydes métalliques. On a aussi essayé de remplacer la potasse par d'autres bases. Le cristal à base de plomb n'a pas été remplacé.

Il est superflu de dire que les matières premières : le sable, le carbonate de potasse, le minium, doivent être aussi purs que possible.

La fabrication du cristal fut appliquée en France en 1784, à Saint-Cloud, par M. Lambert ; puis en 1790 à Saint-Louis, le chauffage était au bois, la fabrication en pots découverts.

D'Artigues, vers 1815, achète une verrerie à Baccarat et en 1823 cette verrerie transformée en cristallerie prend un essor considérable.

C'est à Saint-Louis, en 1865 croyons-nous, qu'on adopta d'abord la fusion du cristal dans des fours chauffés par le gaz, et que l'on fabriqua le cristal en pots découverts.

Le cristal anglais contient un peu moins de plomb et plus de potasse que le cristal français.

Le cristal est travaillé à l'ouvreau, comme est travaillé le verre. On donne plus d'importance à la taille, à la gravure, à l'ornementation du cristal qui représente une valeur intrinsèque plus considérable et aussi à cause des propriétés particulières de ce corps dont on tire des effets décoratifs supérieurs à ceux que l'on peut obtenir du verre blanc ordinaire.

La *taille*, qui est un complément du travail du verrier consiste à déterminer sur les pièces de cristal, des facettes, qui réfléchissent la lumière, des prismes qui la réfractent, et qui donnent aux objets une richesse résultant des jeux de la lumière, à leur communiquer des *feux*, comme on le dit en parlant du diamant taillé.

Les anglais, ont augmenté les qualités de leur *flint-glass* en créant de nouvelles tailles. Les ouvriers de Birmingham font preuve d'une grande habileté et nous estimons que la taille et la gravure anglaises sont supérieures à celles d'Allemagne et de Bohême.

En 1862 la supériorité de l'art industriel français trouvait à Londres un émule inattendu. En 1851, à la suite de son Exposition, l'Angleterre, qui avait constaté son infériorité au point de vue de l'art industriel, fit à l'instigation, et sous la protection du prince Albert, des observations très judicieuses dont le résultat fut la création de nombreuses sociétés puissamment subventionnées et qui ont eu pour but de relever le goût artistique, par l'établissement de musées, de collèges, où des leçons y sont données gratuitement — le collège de South-Kensington et son musée en sont un exemple.

Depuis, en France on a créé le musée des Arts rétrospectifs, à l'Ecole pratique, puis le musée des Arts décoratifs qui ont également produit de bons résultats, mais nous devons reconnaître que si nos expositions

sont encore remarquées, admirées, nous n'avons plus hélas le monopole de ce côté artistique appliqué à la décoration du cristal.

A l'Exposition de 1889 la cristallerie française était représentée par :

Les cristalleries de Sèvres et de Clichy réunies.

La cristallerie de Sèvres remonte, comme fondation, au règne de Louis XV ; on y fabriqua successivement les verres à vitres, les bouteilles et la gobeletterie. En 1870, propriété de MM. Landier et Houdaille on s'y livra exclusivement à la fabrication du cristal. En 1885, cette cristallerie fut réunie à l'usine du Bas-Meudon et son importance fut doublée. Ces cristalleries réunies possèdent un outillage perfectionné et les produits exposés attirant l'attention étaient les objets en cristal taillé, dont la teinte était uniformément incolore.

On remarquait en outre des objets en cristal en couleurs et taillés, puis des objets gravés artistiquement à la roue, à l'acide.

La maison Webb et fils, de Stourbridje était représentée brillamment par des produits d'une blancheur, d'une limpidité exceptionnelle dont l'éclat était rehaussé par la taille et surtout par le poli exceptionnel qui la caractérise. Ces produits consistaient en services de table en blanc et en couleur, verres décoratifs, lustres, lampes, etc.

MM. Davis Collamare et Cie de New-York avaient exposé un certain nombre de pièces remarquables par la beauté, la profondeur de la taille et par leur gravure.

En 1900, la cristallerie de Sèvres n'était pas moins bien représentée. Le public a admiré les cristaux qui ornent les lanternes des candélabres du pont Alexandre III. On remarquait, en outre, aux Invalides, un atelier de cristallerie en activité.

Puis, aux Invalides également un vitrine garnie de cristaux représentant les différents genres de sa fabrication. Cristaux artistiques dont chacun est la réalisation d'une idée voulue. Cinq couvertes, chacune de couleur différente, sont parfois superposées et concourent à produire un effet harmonieux.

L'artiste laissant libre cours à sa fantaisie a recherché et fouillé une à une ces différentes couches, découvrant les unes, laissant deviner les autres sous des demi-transparences.

D'autres, au contraire, forment ça et là d'éclatantes saillies et servent à modeler le relief des feuilles ou les pétales des fleurs.

Nous avons remarqué également deux séries de services de table, de haute fantaisie, dont les verres à tiges élevées imitent des fleurs en

tulipe. Colorés en plusieurs couches de cristal superposées, les détails finement gravés, donnent des tons veloutés très variés et très fondus.

Puis encore quelques cristaux d'art moderne, de colorations assez heureuses, et quelques imitations de verres anciens dont les irisations sont d'une remarquable intensité. On remarquait encore, un magistral candélabre de 4^m,50 de hauteur, puis des vases en cristal blanc taillés en diamants, bambous de 0^m,80 de hauteur.

Puis des imitations de pierres fines, des métallisés avec variations de nuances ; des craquelés métallisés ; des granités, dits « Carthage, ou Vésuve » de la maison Stumpf, Touvier, Violet et Ce, sur fonds rouge-orange, bleu, vert ou mordoré. Des imitations de fruits, d'arbustes, en cristal coloré, des blocs d'aventurine de 500 kg., des imitations de marbre, d'ivoire, de jade, d'onyx, de nacre, objets à utiliser pour la lustrerie que réclamaient les modèles nouveaux adaptés à la lumière électrique.

Puis à côté de tous ces produits nouveaux comme formes, comme colorations, nous constatons que le goût qui a présidé à la création de ces modèles est pour ainsi dire impeccable et réellement la France a encore sur les autres nations étrangères une réelle supériorité, il faut le constater pour que de cette remarque naisse le désir de ne pas nous laisser égaler sinon devancer ce qui est à craindre eu égard aux progrès réalisés autour de nous.

Nous avons parlé en un autre chapitre de la cristallerie appliquée à la lustrerie. Les besoins nouveaux créés par l'éclairage électrique ont forcé les bronziers, à créer des types particuliers ; il faut rendre justice à ces industriels et leur savoir gré de leurs efforts et des objets véritablement remarquables qu'ils ont produits. Mais les bronziers placent le bronze en première ligne et le cristal, le verre, est pour eux un élément qui vient s'ajouter aux objets, aux appareils métalliques destinés à contenir (au lieu de supporter comme autrefois) la lumière.

Nous voulons espérer qu'une usine de l'importance de Baccarat continuera ses tentatives de création des modèles nouveaux et composera des chefs-d'œuvre dans lesquels le cristal règnera en maître, le métal n'étant plus que le support, la carcasse indispensable au maintien, à l'assemblage de cette splendide matière indiquée pour répercuter la lumière et lui donner un aspect, des formes, dont sa transparence, son éclat, multiplieront les effets.

Cette magnifique installation de Baccarat si renommée qu'elle n'a pas cru devoir prendre part aux expositions universelles françaises

depuis 1878, a sû maintenir sa réputation, mais nous voudrions qu'elle continue à être citée pour toutes ses productions à l'égal de Sèvres, et que le présent ne laisse pas de regrets en songeant au passé ; nous la voudrions à la tête de toutes les nouveautés, là où le cristal trouve de nouvelles applications ; le côté mercantil ne devrait être pour Baccarat que l'une des questions à envisager, et la préoccupation de tenir le premier rang, laissant derrière, et très loin, les autres fabricants, devrait être la dominante ; noblesse oblige, et cette usine doit continuer à faire constamment de sérieux efforts pour ne pas perdre son rang.

La *gravure*. On grave le cristal à la roue, à l'acide, au jet de sable. Souvent pour certains objets on emploie les différents modes de gravure quitte à corriger l'effet obtenu et à leur donner un lustre, un fini, que la gravure plus économique de l'une de ces manières ne présenterait pas tout d'abord.

C'est en France, vers 1830, que la gravure en creux sur verre blanc à la roue prit son essor. A cette époque, des négociants de Paris, des directeurs de cristalleries, engagèrent des ouvriers de Bohême et d'Allemagne, pour travailler dans leurs ateliers ou leurs fabriques.

Ces ouvriers excellaient à exécuter des sujets de chasse, des paysages, des animaux ; ils firent de nombreux élèves qui, à leur tour, devinrent habiles, ayant un genre personnel, bien français, exécutant des fleurs, des ornements, des chiffres, des armoiries.

Ces élèves devinrent chefs d'ateliers, d'établissements, et de 1840 à 1870 eurent dans le commerce des cristaux gravés, une période de très grand succès.

Puis ensuite, on employa l'acide fluorhydrique pour les gravures sur glaces, sur verres à vitres. Les fabriques de cristaux s'emparèrent de ce mode de travailler, ce qui fit un tort considérable à la *gravure* sur verre.

A cette époque, M. A. Reyen, imagina la gravure sur vitraux, vases, à couverture d'émaux superposés de couleurs transparentes différentes, ombrés, à relief et gravés par la roue. Cette manifestation de la gravure sur verre, a un caractère spécial et permet d'obtenir à l'aide de combinaisons multiples de couleurs, de dessin, d'exécution, des effets très différents. Voici comment opère M. Reyen :

« Le vase par lui-même, originairement blanc, est enveloppé de couches minces d'émaux superposés de diverses couleurs, et cela de façon à présenter une surface plane, unie. On trace d'abord le dessin ; puis, en attaquant très légèrement les couleurs dont on a besoin pour former

le dessin, on atteint graduellement des colorations diverses, des tonalités d'intensités différentes, des jeux de lumière et d'ombre d'une grande puissance, se détachant sur le verre blanc qui est la matière solide et donne la transparence. Travail difficile et compliqué et qui demande une grande sûreté de main pour obtenir un effet artistique. »

Ensuite vient la gravure au jet de sable, la moins artistique, mais la plus économique.

Les annonces, les gravures communes, les dégradés de couleurs ou de tons différents, le percement des plaques de propreté, ou la gravure en creux, gravure industrielle, sont obtenus par le jet de sable lancé sur le verre, les parties à réserver étant garanties par de la glue, du carton, ou simplement du papier gommé c'est-à-dire rendu un peu mou, élastique, et à cause de cela moins facilement perforé.

SIXIEME PARTIE

APPAREILS DE CHIMIE

CHAPITRES I ET II

APPAREILS DE LABORATOIRE ET GOBELETTERIE

Le *verre de gobeletterie* — dit *verre à pivette* — est un peu moins fusible que le verre ordinaire, souvent ce verre est de couleur verdâtre, se rapprochant de la composition du verre à bouteilles. Les vases ou instruments de laboratoires doivent être d'une épaisseur aussi régulière que possible, minces, bien recuits.

Certaines verreries des environs de Paris, quelques-unes dans l'Est et aux environs de Lyon ont la spécialité de cette fabrication.

Pour la gobeletterie, ou la flaconnerie, on emploie des matières vitrifiables, fondues en creusets, le verre est décoloré par le peroxyde de manganèse. Quelques verriers emploient au lieu de sulfate de soude le carbonate de soude et on donne alors au verre obtenu le nom de *demi-cristal*.

Pour obtenir la teinte laiteuse ou opaque, on ajoute aux matières vitrifiables du fluorure de calcium ou du feldspath (alumine) ou de la cryolithe, on produit alors des verres ressemblant à la porcelaine.

Parmi les améliorations à signaler en verrerie de gobeletterie, je ne vois que la machine ou plutôt l'appareil à *rebrûler* les bords des verres. En effet, les bords des verres sont rodés, ou *rebrûlés*. Le rebrûlage est d'un prix légèrement supérieur au rodage, mais est préférable.

Le *procédé Siévert* va, à notre avis, amener prochainement une modification des anciens procédés encore généralement en usage. Nous avons vu récemment ces procédés appliqués en Allemagne et nous avons été très frappé de leur simplicité et de l'économie qui résulte forcément de leur emploi.

Une nouvelle application issue de ce procédé c'est la fabrication de plaques minces pour revêtements pour les parois de vestibules, de cabinets de toilette, pour les angles même.

Fig. 105.

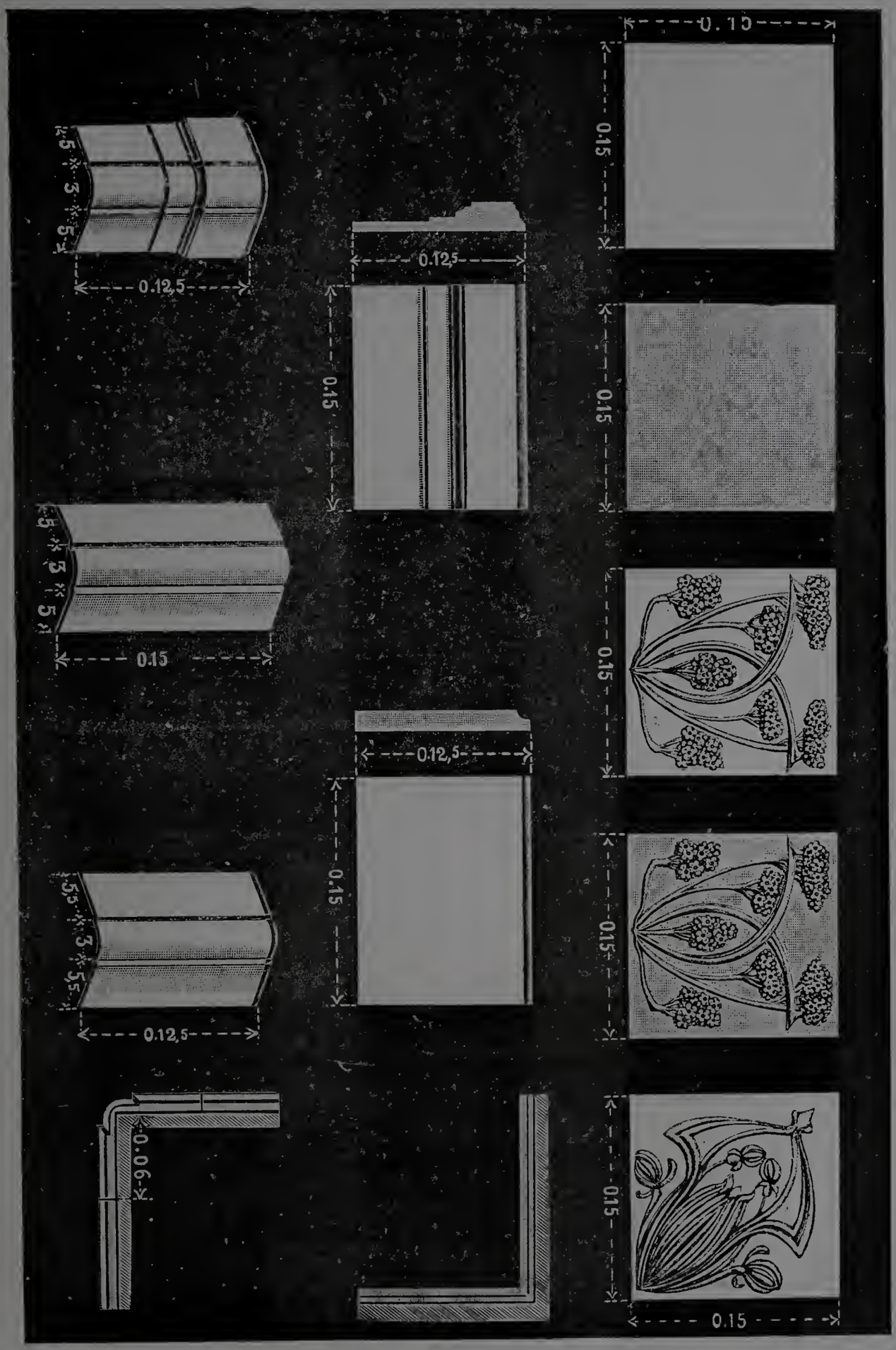


Fig. 166.

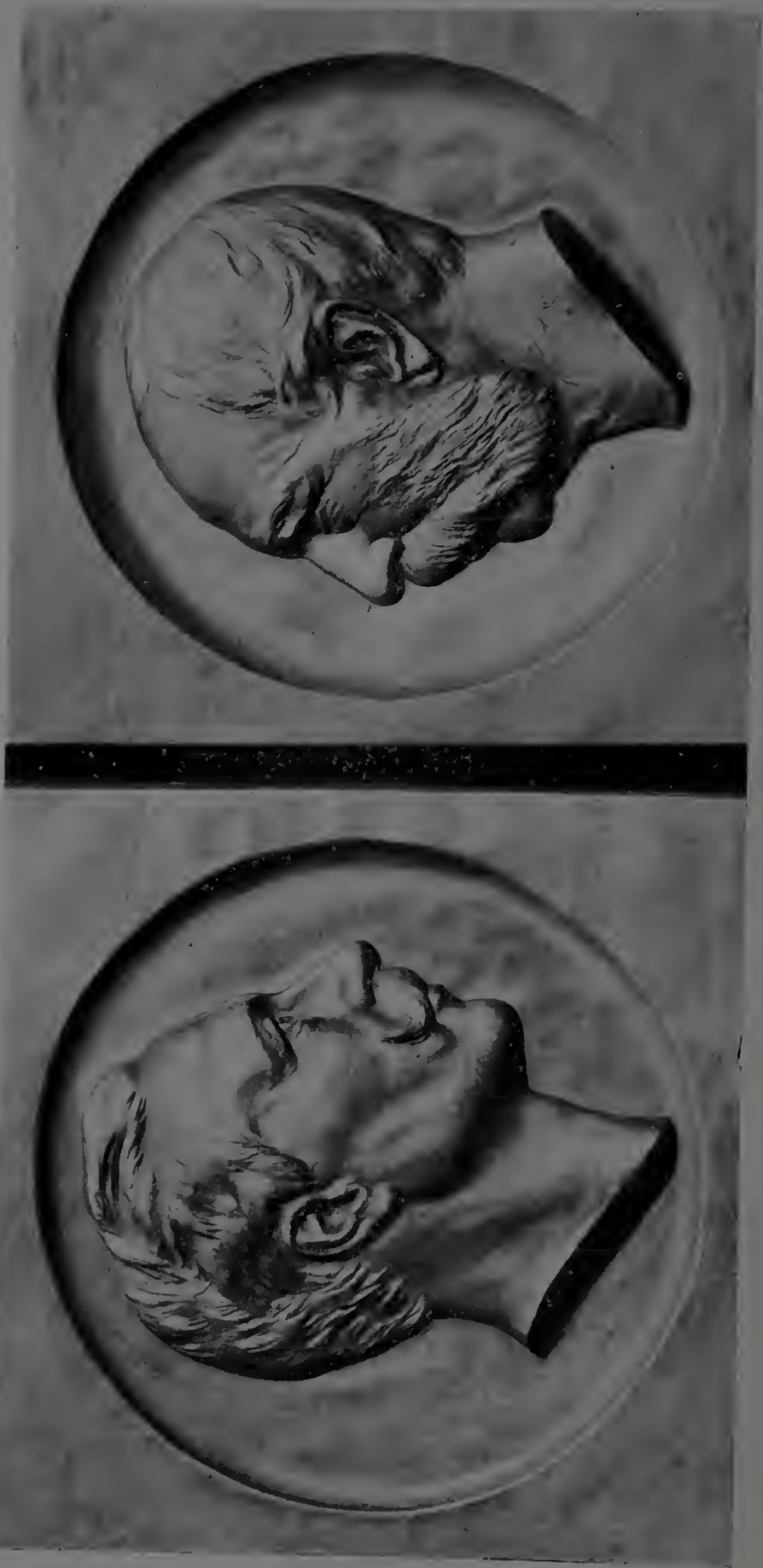


Fig. 107. Fig. 108.

Puis la fabrication de portraits en verre, verre blanc, incolore, d'aspect ordinaire, d'aspect opale (par immersion dans l'acide fluorhydrique, ou par injection de sable fin).

Le verre peut même être revêtu d'une couche, d'un dépôt de cuivre, on obtient alors des effets variés, des médaillons de bronze de différentes teintes, ou bien on peut argenter, dorer le cuivre.

A notre avis, il est préférable de laisser au verre sa qualité principale, la transparence, à laquelle vient s'ajouter la légèreté, et nous pouvons prédire, dans le cas particulier, l'économie, pour cette application nouvelle, aux portraits devant être reproduits en nombre considérable.

Nous avons cité le demi-cristal, ou verre blanc moulé et quelquefois taillé.

La Bohême fabrique encore en quantité ces verres, et aussi les verres doubles, gravés à la roue par des procédés très économiques sinon très perfectionnés.

Les Américains ont fait pour cette fabrication, et aussi pour celle du cristal, d'énormes progrès. Les moulages américains sont parfaits et peuvent dans certains cas permettre de ne pas recourir à la taille.

Nous avons encore, sous ce rapport, des progrès à réaliser en France, mais nous sommes en bonne voie. Nous devrons nous attacher surtout à trouver un alliage approprié aux dilatations des verres, à mouler à une température donnée, et aussi à la perfection des ajustages et de la gravure de ces moules.

Le verre est employé de plus en plus dans les laboratoires et aussi en médecine, en chirurgie. Chaque année nous constatons des applications nouvelles et nous sommes fréquemment sollicités par les chirurgiens pour leur indiquer s'il est possible de faire faire en verre telle ou telle pièce, tel ou tel instrument.

Parmi les fabricants qui se sont prêtés à ces innovations nous devons citer, entre autres, M. H. Wulfing-Lüer, qui a fabriqué la seringue tout en verre.

Plus de 25.000 seringues sont actuellement entre les mains des praticiens les plus en renom ; elles sont donc universellement appréciées.

Leur fonctionnement toujours parfait et la sécurité qu'elles offrent au point de vue de l'asepsie les ont fait adopter par les Professeurs, qui en préconisent l'usage dans les hôpitaux et les cliniques.

La Faculté de Médecine, reconnaissant les avantages de ces outils, qui satisfont aux exigences de la plus rigoureuse asepsie et aux besoins de la pratique la plus courante, a décerné à M. Wulfing-Lüer

le prix Barbier, consacrant ainsi le progrès réalisé par la création de cette *seringue idéale*.

Cette seringue, exclusivement en cristal, présente les avantages suivants :

1° Son extrême simplicité et sa stérilisation facile (il suffit de la plonger dans l'eau tiède et de porter à l'ébullition) ;

2° La perfection absolue de sa graduation, et son étanchéité parfaite, assurent l'exactitude quantitative des injections ;

3° Le piston tout en cristal, inaltérable et toujours prêt à fonctionner sans le secours d'aucune matière onctueuse, assure au malade la pureté

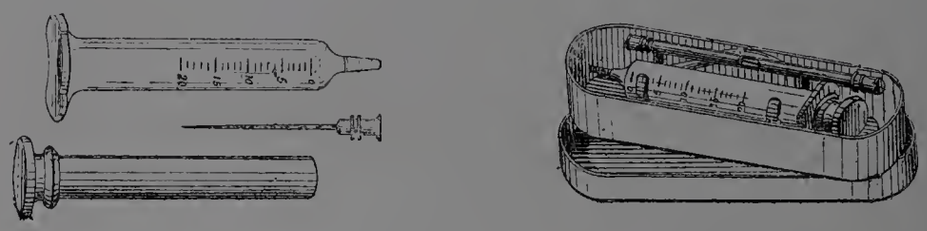


Fig. 109.

du liquide injecté et enlève au médecin toute inquiétude sur l'état de sa seringue au moment de l'employer.

Logée dans une boîte de nickel, cette seringue est la seule *vraiment stérilisable*, on peut la demander nue, avec aiguilles en acier ou en platine iridié et en 8 capacités, variant entre 1 et 100 centimètres cubes.

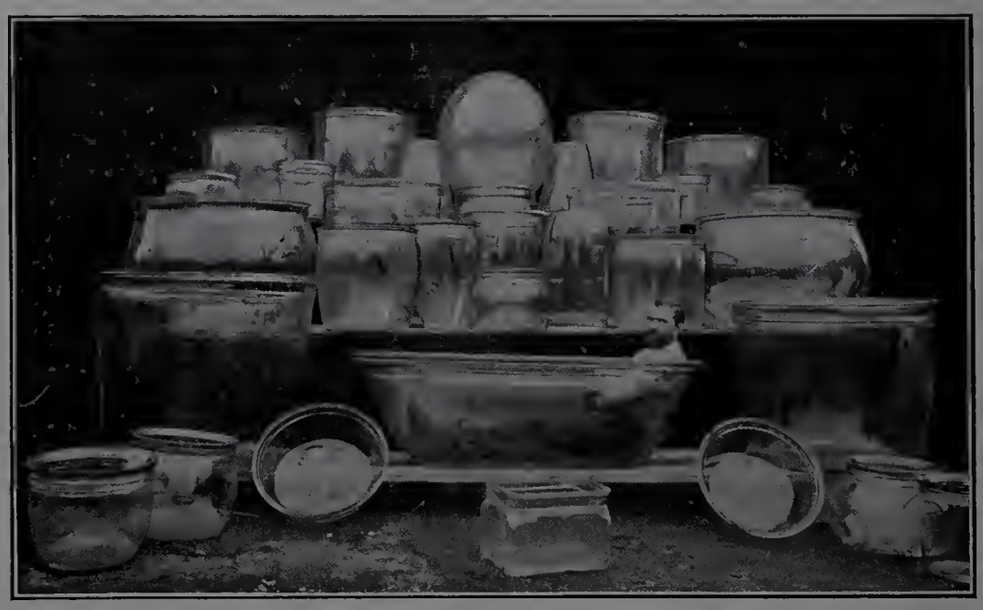


Fig. 110.

En outre, on fabrique maintenant pour les hôpitaux et pour les cabinets et salles d'opération des cuvettes, vases, supports de toutes sortes, de toutes formes.

On fabrique également des tubes que l'on peut entourer extérieurement de ciment, de métal, nous en décrirons les formes, le mode de fabrication dans un chapitre spécial.

Dans les hôpitaux d'Allemagne on adopte les baignoires en verre, les vases pour bains de pieds, pour douches, les gouttières pour bains locaux, les cuvettes ; et à l'occasion ces vases, ces réservoirs, sont bordés de cuivre soit déposé, par galvanoplastie, soit à l'état de bandes formant aux récipients une sorte de carcasse très ajourée et préservatrice.

L'emploi de l'air comprimé pour le soufflage du verre a été employé en France depuis plus de vingt ans, entre autres fabricants par MM. Appert, qui en ont été les innovateurs. Ces messieurs ont mis à profit l'air comprimé pour le soufflage de grosses pièces de verre et notamment de sphères destinées à la fabrication de bobêches, et de verres de montres.

On pouvait juger, à l'Exposition de 1900, des ressources et de l'élasticité de ces procédés mécaniques : MM. Appert frères avaient exposé, aux Invalides, une sphère en verre de $1^{m},65$ de diamètre et d'une capacité de 2.350 décimètres cubes qui avait été soufflée dans leurs ateliers à l'aide d'une pression de 6 kilogrammes par centimètre carré (c'est la plus grande pièce en verre qui ait jamais été produite), et dans la classe 111 (hygiène) ils avaient présenté, en même temps que des modèles d'appareils de soufflage de leur invention, des sphères en verre de 3 centimètres de diamètre et de 10 centimètres cubes de capacité soufflées à l'aide d'une pression de 2 grammes par centimètre carré.

CHAPITRE III

LES NOUVELLES APPLICATIONS DU VERRE A L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

L'éclairage électrique. — L'électricité appliquée à l'éclairage devait forcément réclamer le concours du verre et du cristal, et cet élément nouveau a créé de nouvelles et nombreuses applications des deux corps qui nous occupent.

Quoique la verrerie soit actuellement une branche peu rémunératrice de l'industrie, il y a lieu de constater cependant que des usines ont été augmentées, modifiées, à l'instigation de la nouvelle génération d'ingénieurs qui se sont spécialisés en électricité et en verrerie.

Des verriers éminents comme les Appert, les Touvier, les Landier ont répondu à l'appel qui leur était adressé par les électriciens ; nous avons constaté les magnifiques résultats obtenus par l'habile praticien *Touvier*.

De nouveaux venus tels que les Houdaille et Triquet, de Choisy-le-Roi, sont entrés résolument dans cette voie nouvelle et nous avons pu constater chez certains grands fabricants de bronze tels que *M. Vian*, entre autres, combien sont heureux les résultats obtenus par MM. Houdaille et Triquet. Nous témoignons ici notre gratitude, comme ami du verre et du cristal, aussi bien à l'éminent bronzier Vian qui a su trouver et encourager ses collaborateurs verriers, qu'aux jeunes verriers qui sont passés ainsi au premier rang des spécialistes pour ce genre de fa-

brication. Il fallait faire preuve d'audace, avoir des connaissances spéciales et compléter le tout par une certaine mise de fonds.

L'avenir prouvera à ces industriels entreprenants qu'en industrie il faut oser et savoir sortir de la routine en faisant des sacrifices.

Depuis quinze ans environ l'éclairage électrique a pris une énorme extension, la lampe électrique à incandescence est devenue la bougie électrique.

L'ampoule qui constitue la lampe doit réunir des propriétés spéciales. On sait que le vide absolu est fait dans la lampe, mais cette lampe, en ampoule, doit être traversée par les fils métalliques conducteurs qui amènent le courant au filament de carbone ; il est de nécessité absolue que le coefficient de dilatation du verre ou du cristal employé pour ces ampoules soit très rapproché du coefficient de dilatation du platine, et cela pour que l'étanchéité soit absolue (1).

Pendant la fabrication de la lampe il est fait usage d'hydrocarbures gazeux qui se dégagent à certaine période des manipulations de construction et si la composition du cristal n'est pas soigneusement étudiée, ces hydrocarbures restent adhérents au verre qui se trouve noirci par des quantités infinitésimales de carbone, mais suffisantes néanmoins pour produire une lampe de mauvaise qualité.

La connaissance scientifique de la construction — si délicate par elle-même — de la lampe à incandescence est une des conditions de la bonne fabrication des ampoules. En France, cette fabrication est pour ainsi dire monopolisée par la cristallerie de Choisy-le-Roi qui alimente les principales fabriques de France et d'Europe.

Il sort journellement plus de 40.000 ampoules de cette cristallerie qui est devenue pour ainsi dire spéciale pour cette branche de fabrication relative à l'électricité, à l'éclairage, l'un des directeurs de cette usine, ingénieur-électricien, ayant étudié et fabriqué spécialement les lampes à incandescence.

Cette usine de Choisy-le-Roi, reconstruite il y a sept ans, sur les terrains où depuis plus d'un siècle on fabrique du verre, a appartenu à

(1) Des essais sont entrepris pour remplacer le platine — dont le prix de 3.200 à 3.400 francs le kilogramme grève le prix de la lampe, quoique certains fabricants sont parvenus à employer seulement pour 3 centimes de platine par lampe. — On a pu faire des alliages de nickel et de fer possédant le même coefficient de dilatation que le platine.

On arrive à empêcher le contact de la flamme avec le métal, au moment du montage, en enfilant le fil dans un petit tube de verre et d'émail ; sans cette précaution ce fil serait brûlé.

M. Bontemps, notre maître à tous. On y a fabriqué du verre à vitres, du verre de couleurs, du verre à bouteilles ; plus récemment du verre et du cristal trempé.

Fig. 111.

Cette cristallerie peut se développer ; actuellement elle possède trois fours de fusion, qui à notre connaissance, sont les plus grands des verreries des environs de Paris, tous chauffés par le gaz, ayant chacun 14 arcades et ayant 6 m. 50 de diamètre, plus des fours particuliers pour certaines fabrications spéciales.

MM. Houdaille frères et Triquet ont étudié et résolu certaines questions particulièrement intéressantes. On a pu voir à l'Exposition universelle de 1900, dans la classe de la cristallerie comme dans la section du

Fig. 112.

bronze, des pièces remarquables sortant de cette usine de Choisy, et présentant le cristal sous un nouvel aspect.

Voici quelques spécimens de cette fabrication, si ingénieusement ap-

pliqués à l'éclairage de grand luxe par M. Vian, l'éminent industriel-artiste dont le goût impeccable est si justement apprécié, soit encore à un point de vue plus général, un peu moins artistique mais non moins intéressant, à cause de la vulgarisation que permet des prix moins élevés, les objets de la maison *Rollet*.

On constatera que ces pièces de cristal ne se présentent plus avec les imperfections que l'on remarquait sur les pièces façonnées à la main, mais que ces pièces nouvelles sont la reproduction exacte d'un modèle soit en bronze, soit en plâtre, les contours étant accusés dans bien des cas par un léger satinage.

Dans aucune de ces pièces les formes ne sont abandonnées à la fantaisie de l'ou-

Fig. 113.

Fig. 114.

vrier, elles sont au contraire la reproduction absolue du travail d'art du sculpteur; les moindres détails « viennent » comme dans une coulée de métal.

L'innovation, en cette fabrication, consiste dans la combinaison des moules formés de plusieurs parties, comme cela existe dans les fonde-

ries de bronzes, d'étain, ce qui permet l'obtention de pièces qui ne sont pas « de dépouille ».

Préparer, ajouter au moule métallique pour y déposer et y façonner du verre n'est pas chose facile. Il faut trouver une fonte qui convienne, il ne faut pas de parties trop différentes comme épaisseur, afin d'éviter l'échauffement inégal de ce moule au détriment du verre qui y est en-

Fig. 115. Fig. 116.

fermé. Le produit obtenu présenterait des aspects différents et défectueux ; il y aurait adhérence contre les parties trop chaudes, « martelage » du verre contre les parties plus froides, d'où aspect d'ensemble peu satisfaisant.

On a cherché à composer des alliages, dont le coefficient de dilatation, à une température donnée, se rapproche de celui du verre ; c'est ainsi qu'on a essayé le *ferro-nickel*.

Cet alliage a donné de bons résultats en ce sens qu'introduit dans le verre il se refroidit avec lui sans provoquer sa rupture, mais cet alliage jouit de la singulière propriété — propriété d'occlusion — d'absorber les gaz du milieu dans lequel il se recuit, et ces gaz (oxyde de carbone) sont restitués par lui pendant son refroidissement, ce qui fait que le

Fig. 117.

Fig. 117 bis.

verre se remplit alors de bouillons et se trouve terni, gâté, dans sa transparence. Pour éviter ce grave inconvénient il faudrait refroidir dans le vide, ce qui nécessite des appareils spéciaux, coûteux, et jusqu'ici on a renoncé à l'emploi de cet alliage pour cet usage.

La composition du verre doit être prise en considération pour les moulages ; un verre à la soude, trop chargé en silice et principalement en chaux est plus cassant, plus dur, moins malléable.

Le verre contenant une certaine proportion d'alumine, 2 ou 3 0/0 par

exemple, est plus malléable. Le verre à la potasse est aussi un peu plus malléable.

Le verre qui est soufflé, et surtout pressé contre les parois d'un moule doit répondre à certaines conditions de malléabilité dues à sa température et à sa composition, si on veut éviter son adhérence, son froissement, sa rupture pendant la recuisson, et obtenir de lui un aspect satisfaisant. Cet aspect est dû à un ensemble de conditions qu'il faut observer.

L'emploi de l'acide fluorhydrique, qui dépolit légèrement le verre, vient corriger certaines imperfections, adoucir l'aspect un peu trop éclatant dans l'ensemble, donne plus de douceurs de tons et augmente l'aspect artistique du verre ; on l'emploie avantageusement depuis quelque temps pour améliorer les motifs de décoration.

Certains artistes, entre autres Ringel d'Ilzac, ont imaginé de couler et mouler le verre dans des moules composés de matières plastiques, quasi réfractaires, façonnés par eux.

Ces matières, dont les artistes ont le secret, donnent comme résultat des produits plus satisfaisants que les objets moulés dans le métal. Les objets ainsi obtenus ne doivent pas être retouchés, corrigés ; coulés à moules perdus, ces objets sont des œuvres artistiques de premier jet.

C'est évidemment là l'avenir, et nous devons nous attendre à voir à côté des ateliers des statuaires, un atelier spécial, avec four de verrerie. Dès que l'électricité sera appliquée pratiquement, couramment, au chauffage de petits appareils industriels, nous constaterons un développement immédiat, considérable, de la fabrication du verre et de son emploi artistique. C'est ce qui est arrivé pour la cuisson par le gaz des petits objets de faïence artistique chez les amateurs. Combien plus importantes seront les applications électriques permettant la fusion de verres multicolores, leur moulage, leur recuisson. Nous désirons assister à cette multiplication des applications artistiques du verre, alors pourrons-nous dire que notre siècle est le siècle du verre !

Depuis une dizaine d'années l'éclairage par le gaz a fait des progrès considérables, grâce à l'application de l'éclairage dit « à incandescence par le gaz ». Autrefois le *bec Bengel*, théorique, avait un pouvoir éclairant de « un carcel » pour une consommation de 105 litres de gaz à l'heure.

Actuellement les becs bien établis donnent, avec la même consommation de gaz de 105 litres, 9 et même 10 carcels. On ne peut guère admettre maintenant le rétablissement de l'ancien éclairage par le gaz,

qui semblerait par trop primitif. Dès que cet éclairage intensif devint pratique on songea à l'appliquer à l'éclairage des rues, mais on se heurta à une difficulté qui au début parut insurmontable : à la question du verre de lampe pour ces nouveaux becs.

A cause de la température élevée de la flamme, les verres emprisonnant les becs, même pour les becs placés dans des lanternes hermétiquement closes, portés à l'intérieur à une forte température, à l'extérieur subissant les variations de température, le froid, la brume, etc., ces verres éclataient et leur bris entraînait la destruction du « manchon » — bec Auer. — On fit des essais de toutes sortes ; verres formés de baguettes de verre, de tubes fondus longitudinalement, ou en forme de spirales, etc., cylindres en mica... En Allemagne, une usine fabriqua un verre spécial qui permit de parer à ces inconvénients. En France, presqu'aussitôt on découvrit un verre analogue qui remplit enfin toutes les conditions voulues et comble tous les desiderata.

C'est à la cristallerie de Choisy-le-Roi — de MM. Houdaille et Triquet — que l'on doit la découverte de ce verre, dit *verre sili-chromé*.

Cette matière vitrifiée, dont la composition reste secrète, a des propriétés remarquables : d'abord c'est une matière très dure, dont le point de ramollissement est beaucoup plus élevé que celui du cristal ou du verre. Cette propriété est très importante, car avec les anciens verres on constatait souvent l'affaissement, en torsion, le manque de transparence du verre-cheminée, et cela était dû au point de ramollissement insuffisamment élevé de ces verres.

Le verre *sili-chromé* est léger et présente un coefficient d'élasticité considérable ; il est insensible aux brusques variations de température. On peut soumettre un bec allumé, muni de ce verre, à un courant d'air froid, sans jamais le faire éclater ; bien plus, on peut même asperger d'eau ce bec, le verre n'éclatera pas ; si les gouttes d'eau sont volumineuses, à l'endroit du contact, il se formera une gerce, gerce qui ne se prolongera pas, ne s'élargira pas, elle aura au contraire une tendance à se resserrer. Une gerce unique se fourchera à son extrémité, au lieu de se prolonger et s'arrêtera. Un verre ainsi calciné à l'eau peut durer encore longtemps, pour servir.

Ce *verre sili-chromé* est aussi transparent que le cristal, sa densité est de 2.27 (le verre = 2.48 à 2.50) ; il est souvent légèrement cordé, bouillonneux. Les extrémités sont difficilement bien rodées, car le verre est très dur et se taille difficilement, les fêlures se constatent au refroidissement.

A Paris on a déjà transformé une très grande partie de l'éclairage public, plus de 40.000 becs à incandescence munis de ces verres sont en service, et il existe maintenant bien peu de becs de gaz dits « becs Papillon ». L'entretien de ces becs est assuré par la Société Lacarrière qui se charge à forfait du remplacement des manchons dont elle a monté la fabrication, et aussi du remplacement des cheminées en verre « sili-chromé ».

Tubes de niveau. — Ce nouveau verre donne lieu également à une application très intéressante, celle des tubes de niveau pour chaudières à vapeur. Les anciens tubes de niveau, malgré les précautions de recuit les plus minutieuses, sont très susceptibles à toutes les variations de températures.

L'indifférence du « verre sili-chromé » aux variations de températures vient résoudre la question, et, par l'emploi de ce nouveau verre on peut actuellement, sur un tube en fonction et adapté à une chaudière timbrée à 12 kilos, projeter de l'eau froide en très grande abondance, sans produire la rupture de ce tube.

De même si ces tubes sont placés dans de violents courants d'air, leur rupture n'est pas à craindre. Ces avantages seront particulièrement appréciés sur les locomotives, sur les chaudières-marines, dans les torpilleurs et sur toutes les chaudières exposées aux intempéries — vents, pluie, paquets de mer, etc.

A côté de ces applications industrielles, pratiques, nous avons à entretenir le lecteur de l'emploi du verre et du cristal à l'éclairage de luxe, de leur emploi pour décorer, pour compléter les appareils spéciaux, les lustres, les appliques, les différents appareils destinés à répandre la lumière dans les appartements, dans les salles de réunion, dans les endroits publics. Nous traiterons ce sujet au chapitre de la verrerie artistique.

CHAPITRE IV

FABRICATION D'OBJETS EN VERRE CREUX

Par le procédé SIEVERT, de Dresde.

La propriété du verre d'être inattaquable par la plus grande partie des liquides explique le grand emploi que l'on peut en faire dans les laboratoires.

Toutefois cet emploi est limité par le fait qu'il est pour ainsi dire impossible, en pratique, par les procédés ordinaires, d'obtenir des récipients d'une seule pièce d'une contenance de plus de cent litres. Par le procédé Appert on a obtenu toutefois des réservoirs cylindriques de 200 litres.

M. *Sievert*, de Dresde, vient cependant de trouver un procédé de fabrication qui permet d'obtenir économiquement des récipients d'une contenance d'un mètre cube et même plus. Le travail se fait par l'emploi de l'air comprimé, avec une telle sûreté d'exécution, que les ouvriers que l'on emploie n'ont pas besoin de connaissances spéciales et celà, sans efforts musculaires de leur part.

Ce procédé est protégé par le brevet n° 109.363 et est appliqué dans la verrerie *Sievert et Cie* à Deuben. Ce procédé permet d'obtenir les récipients de la forme et de la dimension voulues à des conditions beaucoup plus avantageuses que s'ils étaient fabriqués en grès ou en porcelaine, comme on les a employés dans l'Industrie jusqu'à présent.

Ce même procédé permet également de fabriquer les récipients de plus petites dimensions que l'on obtient en verrerie par le soufflage habituel ou à la presse. En un mot, le problème de la fabrication mécanique par l'emploi de l'air comprimé et de la vapeur comprimée, est un problème résolu pour toute une série d'objets.

« M. *Sievert* au lieu de prendre dans un four le verre nécessaire pour la confection de l'objet désiré, à l'aide d'une canne et ensuite de lui donner la forme voulue par la paraison et le soufflage dans le moule, M. *Sievert* prend la quantité voulue de verre fondu et affiné dans le four, à l'aide d'une cuillère, et verse ce verre sur un plateau en fer, de telle façon que ce verre prenne la forme d'une épaisse galette que l'on régularise par un châssis extérieur. »

« Le plateau en fer est creux et percé d'un grand nombre de petits trous communiquant avec un tuyau amenant l'air comprimé. Le côté

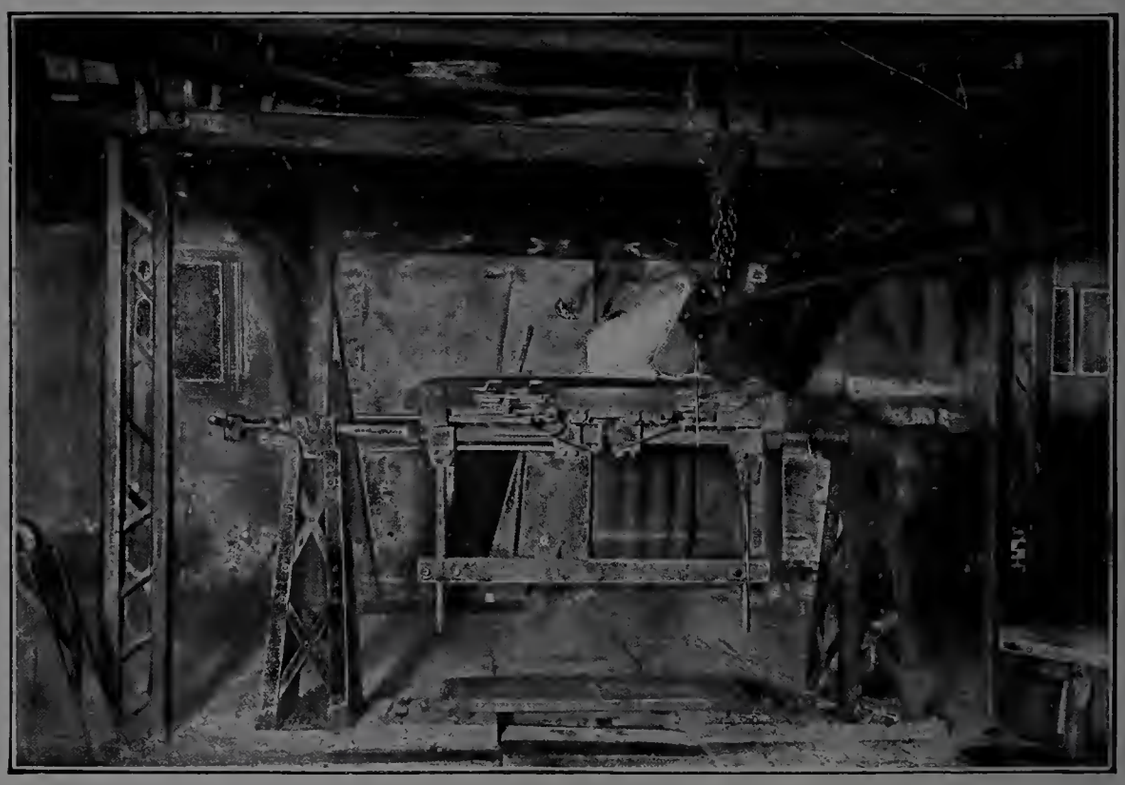


Fig. 118.

nouveau de ce procédé consiste notamment en ce que le verre plastique est étendu pour le soufflage suivant sous forme de feuille et que le plateau sur lequel est étendu le verre porte sur toute sa bordure une rainure dans laquelle le verre fondu vient s'engager de façon à maintenir la galette de verre pendant le soufflage et permet ainsi à l'objet de se former. Il est important que la rainure servant à maintenir la masse de verre soit en même temps disposée de telle façon qu'elle permette de former le rebord nécessaire du récipient en fabrication, sans qu'il soit nécessaire de revenir ensuite pour enlever une plus ou moins grande quantité du col, comme on est obligé de le faire dans la fabrication usitée jusqu'à ce jour. »

« Le procédé *Sievert* a nécessité de longs essais et perfectionnements

qui sont garantis par les brevets 109.363 et 109.365 et de nombreuses additions, mais à l'heure actuelle cette méthode a atteint un tel degré de perfection qu'il est hors de doute que ce procédé fera époque dans l'industrie verrière. »

« J'ai vu fabriquer un récipient d'une contenance d'un demi-mètre cube en l'espace de deux à trois minutes. Le travail en fut effectué avec la plus grande aisance et sans difficulté ; trois ouvriers apportèrent dans une petite cuve le verre liquide qui avait été primitivement fondu dans un four et ensuite, dans le but de bien affiner ce verre, on l'avait main-

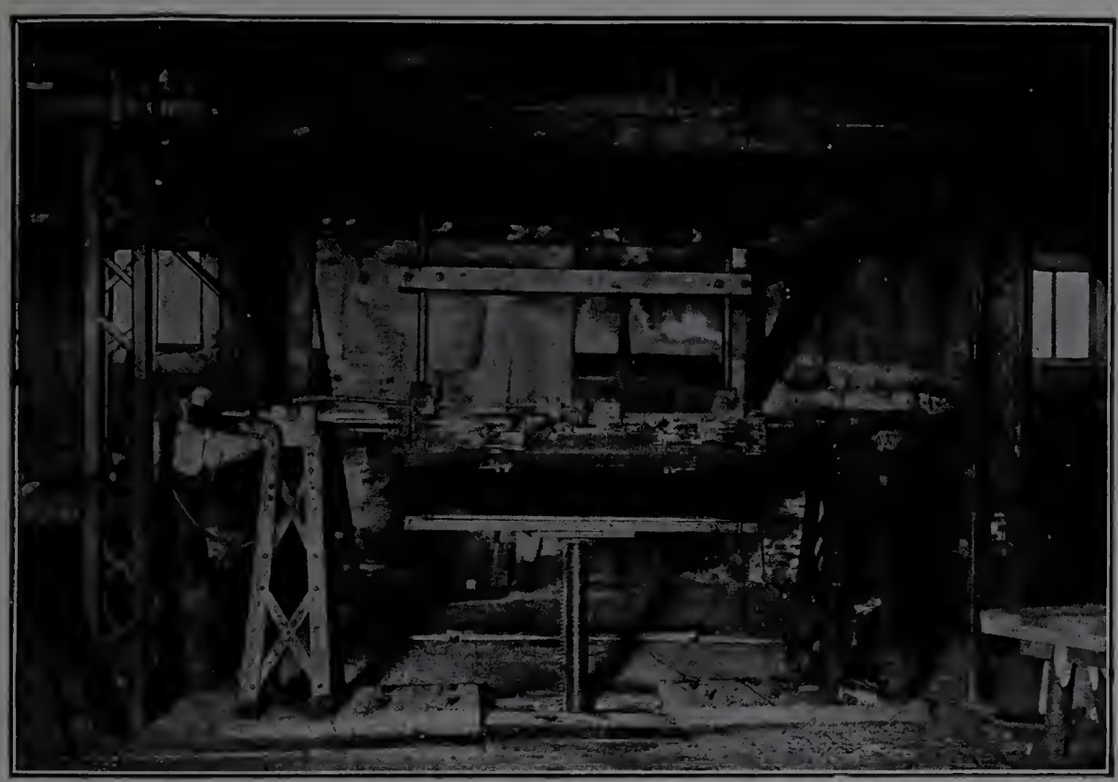


Fig. 119.

tenu pendant un certain temps dans un four à pots spécial, à régénérateurs, où il avait pris la température voulue pour ce travail. La masse de verre fût versée sur le plateau creux. Afin de maintenir le verre, ce plateau porte tout autour un rebord mince en fer. Après une demi-minute d'attente, pour donner le temps au verre de bien s'étendre et de couler dans la rainure, le plateau et la masse de verre furent retournés et alors le verre, par son propre poids, se détacha du plateau et commença à former une grosse boursouflure. A ce moment on fit pénétrer un peu d'air comprimé dans le plateau creux et, afin d'éviter que le verre ne s'étirât trop rapidement, on maintient la masse à l'aide d'un second plateau en fer que l'on fait remonter ou redescendre à l'aide d'une crémaillère. De cette façon, sans l'emploi d'aucun moule,

on parvint à fabriquer un grand récipient dont l'intérieur et l'extérieur avaient le poli du verre soufflé.

Après l'opération du soufflage on enleva un châssis qui rendit libre la rainure qui sert à maintenir le rebord du récipient, et ce dernier, complètement libre, ne restant plus soutenu que par le plateau inférieur, on n'a plus qu'à procéder à l'enlèvement de ce récipient que l'on transporte finalement au four à recuire.

Par l'emploi de formes en fer appropriées on obtient aussi facilement des cylindres ou des caissons en une seule pièce, cylindres qui peuvent

Fig. 120.

être employés comme réservoirs pour les mélanges acides ou alcalins employés en chimie.

Si en procédant de cette façon on arrive à produire des récipients de dimensions considérables, il est également possible par ce même procédé, légèrement modifié, de fabriquer de plus petits objets, tels, par exemple, que des abat-jour, des verres de lampes, des lanternes, des cuvettes photographiques, des vases pour chirurgie, etc.

Le procédé permet de fabriquer, par exemple, 150 gobelets par heure avec l'aide de deux manœuvres, ou bien 250 abat-jour d'éclairage électrique par heure avec l'aide de trois manœuvres, celà sans l'aide d'aucune machine. D'où économie de 32 à 35 0/0 comparativement aux procédés actuels et anciens.

Le procédé permet aussi de fabriquer des objets artistiques, des bas-reliefs, des vases ornementés, des carreaux avec forts reliefs, etc.

Cette modification consiste dans l'emploi d'un cadre dans lequel on

Fig. 121. — Baignoire en verre adoptée dans les hôpitaux en Allemagne.

coule le verre fondu, ce qui donne la forme voulue en égalisant le verre à l'aide d'un cylindre, ce qui permet d'obtenir une masse de verre d'une épaisseur de 1 1/2 à 2 cm.

Fig 122 — Grands récipients pour produits chimiques.

On transporte rapidement cette galette de verre sur une plaque d'amiante imbibée d'eau, et on applique, ou plutôt on recouvre cette galette d'un moule ayant la forme voulue. Par la chaleur, l'humidité de la

plaque d'amiante se transformant en vapeur, la masse de verre se trouve ainsi soufflée et prend la forme du moule qui l'enveloppe. Ce travail se fait avec une grande rapidité et l'avantage sur le travail à la presse con-

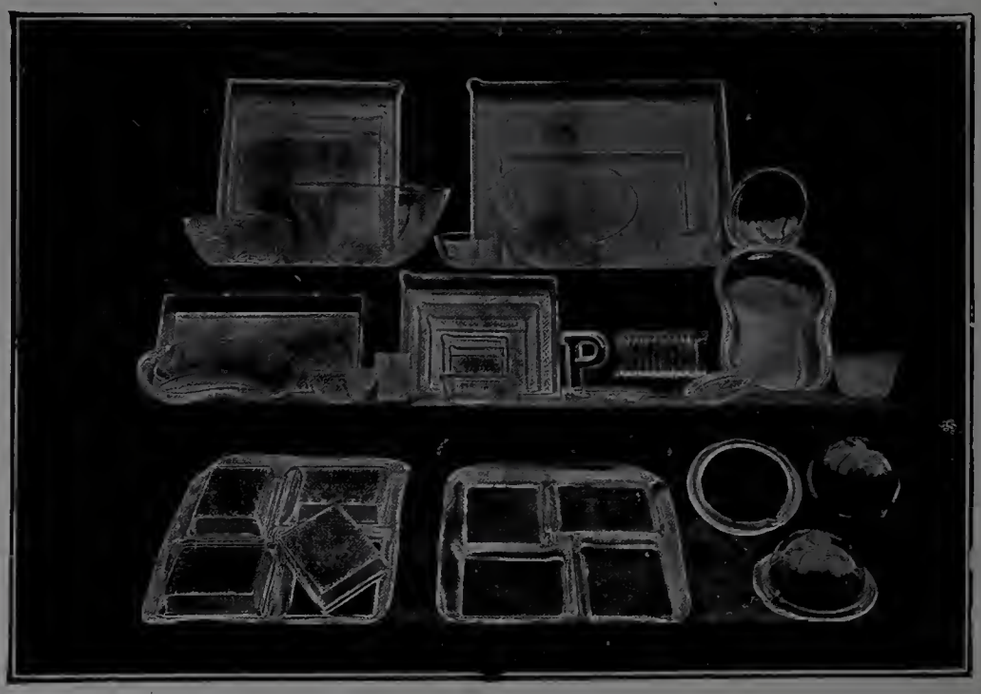


Fig. 123.

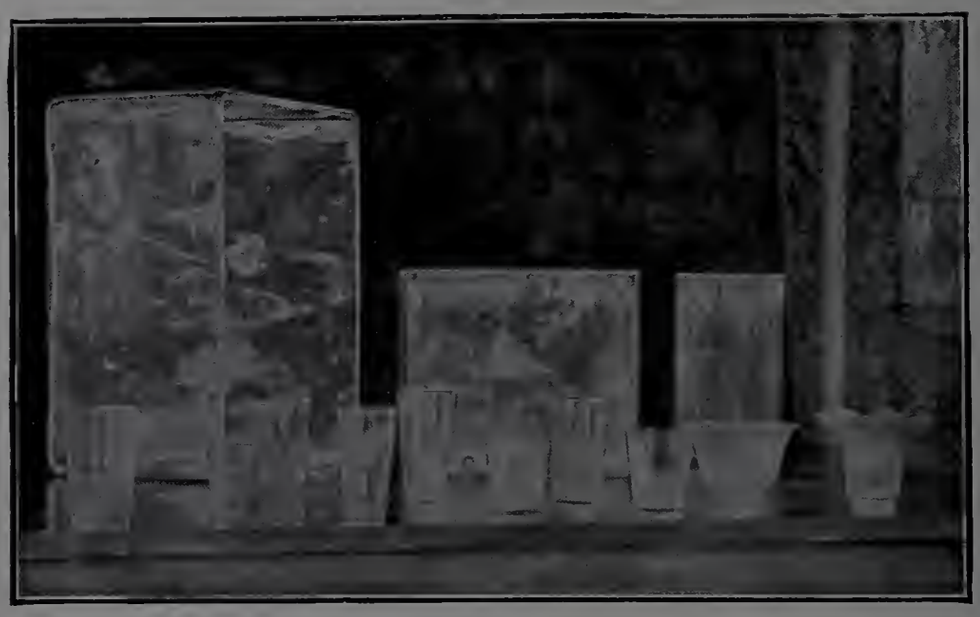


Fig. 124.

siste en ce que la partie intérieure du vase ainsi obtenu conserve un très beau poli.

Ce procédé permet également d'obtenir des effets artistiques consistant à reproduire sur le verre des dessins tracés sur du papier.

Dans ce but on fait exécuter sur du papier très ordinaire le dessin que l'on désire reproduire, puis on place ce dessin à la place voulue. On recouvre de poussière de verre le contour du dessin en employant naturellement les teintes que l'on désire reproduire. Ceci fait, on coule, comme il est décrit ci-dessus, une plaque de verre : à ce contact, le papier se consume et le dessin se reproduit sur la plaque de verre. Par l'emploi de formes appropriées on peut ensuite varier le dessin à l'infini. Par ce procédé on arrive à obtenir des effets décoratifs absolument

Fig. 125. — Verre opalin imitant le marbre Carare. — Figure en relief.

nouveaux, et l'on obtient des effets de réflection des couleurs absolument merveilleux (fig. 126).

A un autre point de vue ce procédé permet d'obtenir avec facilité des cylindres en verre de très grande résistance pouvant être utilisés dans les constructions et pouvant servir avec les grandes pièces en verre que ce procédé permet d'obtenir de la même façon.

Enfin le procédé permet de faire des cylindres pour verre à vitre ou de fabriquer de grandes boîtes, pour les séparer ensuite en feuilles de verre à vitre. A notre avis c'est là l'avenir, et l'avenir très prochain de la fabrication du verre à vitre, plus économiquement, plus facilement, et en plus grandes dimensions.

Le Jury de la Classe 73 à l'Exposition universelle de 1900, a décerné

un Grand Prix à M. Sievert ; c'est dire l'importance attribuée à ces procédés.

Cet article était composé lorsqu'il nous a été permis d'assister à la fabrication d'objets en verre par le *procédé Sievert*, depuis les baignoires jusqu'aux simples gobelets et aux petits pots de pharmacie. Nous ne pouvons résister au plaisir de citer la description très exacte

Fig. 126.

de cette fabrication telle qu'elle a été décrite dans le journal américain *Scientific American*, nous ne serons pas ainsi taxés de partialité en faveur de ce procédé.

« La fabrication d'objets creux en verre a toujours rencontré deux obstacles qui de temps immémorial ont créé de sérieuses difficultés aux souffleurs de verre. Le premier de ces obstacles est que l'ouverture de l'objet soufflé ne peut être d'un plus grand diamètre que celui de l'extrémité de la canne du verrier. Le second est que la grosseur de l'objet

à produire ne peut excéder le volume d'air qu'un homme vigoureux peut insuffler par la canne ou bien que la masse de verre que l'ouvrier peut manipuler.

« La première de ces difficultés a été atténuée et on a pu y remédier par diverses manipulations de réchauffage des pièces. En insufflant de l'eau par la canne, le verrier est arrivé à fabriquer de grands récipients obtenus par la dilatation de la vapeur, venant seconder le souffle des poumons du verrier. Cependant malgré ces ingénieuses combinaisons il n'a pas été possible jusqu'à présent d'obtenir des récipients en verre d'une capacité de plus de 90 litres, soit de 100 à 150 litres par le procédé L. Appert.

« Les poumons des ouvriers souffleurs ayant donné leur limite, il est tout naturel que les inventeurs aient cherché à tirer parti de l'air comprimé. Philipp Arbogast de Pittsburg dès 1881 a pris un brevet pour une invention utilisant l'emploi de l'air comprimé et cette invention a servi de base pour les applications ultérieures. Cependant bien que l'air comprimé ait été largement employé pour la fabrication de certains articles, son usage n'a pas supplanté le souffle humain, notamment pour la fabrication des récipients de grandes dimensions.

« Un inventeur allemand, Paul T. Sievert, vient actuellement de prendre l'avance en inventant un procédé qui résout le problème du soufflage de récipients de grandes dimensions et qui surmonte les difficultés que l'on rencontrait jusqu'à présent dans l'industrie verrière. Grâce à ce nouveau procédé, on peut obtenir avec une facilité qui n'a jamais été atteinte jusqu'à ce jour, des objets de la dimension d'un verre de montre jusqu'à celle d'une baignoire.

Les dessins que nous donnons prouvent clairement que le procédé Sievert permet de réaliser ce que nous avançons. Tous les récipients qui sont reproduits sur nos gravures ont été entièrement soufflés sans avoir nécessité de polissage ni de taillage postérieurs. La rapidité avec laquelle ces récipients sont faits est presque incroyable. Une baignoire a été fabriquée en cinq minutes. Toutefois avant de pouvoir employer cette baignoire il a été nécessaire de la conserver pendant plusieurs jours dans le four de recuisson.

« Et enfin ce mode de travail se fait dans des conditions de propreté extrême. Dans l'usine Sievert à Dresde on ne voit pas traîner le moindre tas de verre cassé.

« En se reportant aux figures qui représentent les différentes phases du soufflage on se rendra compte des moyens employés pour le

soufflage du verre en vases et récipients de toutes formes et de toutes grandeurs.

« L'appareil employé consiste en une épaisse plaque d'acier, perforée et ayant la forme de l'ouverture de l'objet qu'on veut reproduire. Sur le rebord de cette plaque, on adapte un châssis mobile que l'on fixe à l'aide de targettes. Ce châssis a pour but de retenir le rebord du verre sur la plaque de métal. Cette plaque et ce châssis sont montés sur un arbre creux, fixé lui-même sur des supports appropriés et pouvant se renverser. Par cet arbre creux et les trous aménagés dans la plaque, l'air comprimé peut arriver dans le verre fondu. A l'aide d'une cuillère suspendue à une crémaillère mobile on verse le verre sur la plaque de métal. Notre première figure représente cette opération.

« Le verre liquide qui vient d'être ainsi versé se répand sur toute la surface de la plaque et pénètre dans le rebord du châssis. Comme le verre qui se trouve en bordure se refroidit le plus rapidement, il arrive que la masse qui s'y trouve se solidifie en premier lieu et forme un rebord. Quand ce rebord est suffisamment solidifié on renverse sens dessus dessous la plaque et le châssis. Une figure montre l'opération du renversement. Le verre se trouve étendu sur la plaque dans un état pateux et brillant. Il est toujours chaud, mais a perdu l'éclat du feu et c'est pour cette raison que sur notre dessin les objets paraissent noirs.

« La masse de verre ne reste pas étendue plus longtemps sur la plaque, mais se trouve suspendue, maintenue par son rebord solidifié et maitenant rigide. Par contre la partie du milieu qui a conservé son état pâteux et plastique commence à s'allonger. Afin que la masse du verre qui s'allonge conserve une épaisseur régulière dans toutes ses parties on fait remonter un fond approprié qui vient s'appuyer contre le verre qui s'allonge et le soutient. Ce fond est actionné par une crémaillère et une chaîne. La partie inférieure de la masse de verre qui s'est déposée sur le fond en question se solidifie et forme le fond du récipient. Une figure montre l'effet de cette opération.

« En laissant descendre lentement le fond, le verre s'allonge progressivement et c'est ainsi que se forment les parois du récipient. Peu à peu le verre s'est refroidi et est devenu résistant. On fait alors à ce moment arriver dans l' « ébauche » du récipient, de l'air comprimé, par l'arbre creux et les trous aménagés dans la plaque de métal, l'opérateur veille à ce que les parois du récipient ne s'amincissent pas trop. Lorsque la forme désirée est obtenue on cesse de souffler.

« Afin de pouvoir enlever le récipient — qui est terminé, — de la plaque

VERRERIE DE DEUBEN (SAXE)

STOCK DE BAIGNOIRES EN VERRE OBTENUES PAR LE PROCÉDÉ SIÉVERT.

MAGASIN CONTENANT DES CUVETTES ET DES CYLINDRES DESTINÉS A OBTENIR LE VERRE A VITRE (PROCÉDÉ SIÉVERT).

de métal, et de le dégager des parois du châssis (parois qui à ce moment sont réduites à un simple rebord circulaire) on dégage ce châssis, en retirant les targettes dont nous avons parlé ci-dessus. On redescend également le fond et le récipient mené à bonne fin, quoique encore brûlant, se trouve délivré du châssis et de la plaque de métal. Par une autre figure on se rend compte de cette opération définitive. On procède à la mise sur un chariot, du récipient, qui est finalement conduit au four de recuisson.

« Quelles que soient les dimensions et la forme du récipient à fabriquer, la manipulation est la même. Le poids du verre n'est plus un obstacle pour le verrier. La pesanteur est même utilisée pour cette fabrication.

« Le procédé Sievert est non seulement apte à fabriquer des vases, récipients, pots, bouteilles et autres articles de ce genre ; mais il paraît en outre destiné à exercer une grande influence sur nos méthodes employées jusqu'à ce jour pour la fabrication du verre à vitres. »

Le verre à vitres est parfois passé au rouleau, et ensuite poli. M. Sievert cependant se propose d'éviter tout l'outillage nécessaire au maniement du rouleau et de souffler la feuille de verre d'une façon analogue au procédé employé pour les baignoires et les récipients. Autant que nous avons pu nous renseigner, deux méthodes sont actuellement en perspective pour le soufflage des glaces minces. La première consiste dans le soufflage d'un cylindre de la manière décrite ci-dessus ; dans le refroidissement du cylindre ; en le tranchant dans sa longueur en deux parties et en séparant le fond du corps du cylindre. On laisse ensuite ces sections séparées s'étendre sur des plaques en les soumettant à une température suffisamment élevée. La deuxième méthode consiste dans le soufflage d'un énorme récipient en se servant d'un moule cubique et en séparant ensuite les cinq sections formées par les côtés et par le fond. Une figure montre le récipient en cours de fabrication. C'est un énorme globe de verre ayant 4 pieds de haut et 5 de large. Les parois ayant une épaisseur de 2 mm 1/2.

Bien que le procédé de Sievert puisse donner des résultats pour la fabrication de toutes espèces de vases, il est constaté par la pratique actuelle que pour produire des objets de petites dimensions le verre se solidifie trop rapidement pour pouvoir être moulé. Conséquemment on a recours à un autre procédé non moins ingénieux que le premier. Nous savons tous que lorsqu'une gouttelette d'eau tombe sur une surface brûlante — un poêle ou un morceau de verre en fusion — l'eau ne

reste pas en contact avec cette surface brûlante, mais se trouve supportée par une couche de vapeur. Cette goutte d'eau ne s'évapore du reste pas rapidement, elle est lentement convertie en vapeur et disparaît graduellement. L'état sphéroïdal — ou qualéfaction décrite par Pictet — est utilisé fort habilement par le verrier ; car l'eau ne gerce pas le verre, et produit suffisamment de vapeur pour gonfler le verre qui est au bout de la canne. C'est sur ce phénomène que M. Sievert base sa méthode pour fabriquer de petits objets, à l'inverse cependant puisqu'il vide du verre chaud sur une couche d'eau au lieu de projeter de l'eau dans le verre chaud.

Par exemple pour faire une cuvette photographique comme celles actuellement employées, on verse du verre très chaud sur une feuille de papier buvard mouillé. Le verre ne vient pas en contact avec le papier et de ce fait ne le détériore même pas, mais danse sur la surface humide dans toutes les directions suivant la façon dont il est versé. À l'aide d'un rouleau humide semblable à ceux employés par toutes les ménagères pour étendre leur pâte, on étend de la même façon la masse de verre en une couche régulière et mince. La plaque de verre ainsi obtenue est saisie avec des pincettes et déposée sur une feuille humide d'amiante où l'on continue à faire tressauter le verre. Sur cette plaque de verre plastique on pose un moule, ayant la forme à obtenir, et la vapeur qui se dégage et qui est la cause du mouvement incessant qui est imprimé à la plaque, applique le verre sur les parois du moule. La cuvette est terminée.

De la même façon on peut produire un vase de n'importe quelle forme. On fabrique ainsi à la verrerie de Pensig (Silésie) des objets de gobeletterie avec 30 0/0 d'économie sur les anciens procédés et ces objets sont irréprochables.

Le Palais des Illusions (Salle des Glaces).

Les 72 glaces de ce magnifique palais qu'il est ici inutile de décrire car il a charmé et séduit tous les visiteurs à l'Exposition, ont été fournies et posées à titre gracieux par la Compagnie de Saint-Gobain. C'est grâce à ce concours désintéressé que l'architecte du palais, M. Hénart a pu mettre son œuvre au point et faire refléter à l'infini la magnifique coupole que des milliers de lampes électriques de toutes nuances, si harmonieusement installées par la maison A. et G. Martine, de Lille, faisait briller d'éclats prestigieux.

La coloration douce et changeante des colonnes creuses en opaline soutenant les retombées de la coupole, fabriquées aussi à Saint-Gobain, produisait les effets les plus séduisants.

Fig. 127.

Le Palais de l'Optique.

Tout le monde a encore présent à la mémoire les attractions de ce superbe Palais où l'esprit ingénieux, persévérant et fécond de M. François Deloncle a fait jouer au verre un rôle considérable.

Une belle verrière de Bruin : un Kaléïdoscope monstre et un labyrinthe de 90 glaces exposés par les glaceries de Jeumont : une galerie unique de 32 glaces grotesques de $1^m,80$ de haut, dues au bombeur Bonnard : des glaces platinées de 2 m de haut obtenues à Saint-Gobain : un jeu sans précédent de tubes de Crookes soufflés par M. Seguy : un écran de réfraction de 9 m^2 en cristaux de Bohême, ont fait l'admiration de deux millions de visiteurs.

Mais « le clou » du Palais était incontestablement la grande lunette de 60 m de long avec son sidérostat monstre dont le verre coulé par

M. Georges Despret à Jeumont a 2 m de diamètre, $0^m,30$ d'épaisseur et pèse environ 4 tonnes.

Les verres de la lunette, fondus dans les ateliers Mantois à Paris, ont $1^m,25$ de diamètre et pèsent, le flint 360 kg. et le crown 230 kg. Le travail optique des verres du sidérostat et de la lunette est l'œuvre de M. P. Gautier et il a été obtenu à la machine dans les conditions qui font le plus grand honneur à ce savant constructeur.

Dans une salle du Palais, M. Georges Despret a exposé une série de disques dont l'un, plus puissant encore que celui du sidérostat, mesure $2^m,10$ de diamètre, $0^m,37$ d'épaisseur et pèse 5 tonnes.

SEPTIÈME PARTIE

ANALYSE DES GAZ DES FOURS

MESURE DES TEMPÉRATURES

EXAMEN DES DÉFAUTS DU VERRE

CHAPITRE PREMIER

ANALYSE DES GAZ DES FOURS

Analyse des gaz combustibles.

Le but de l'analyse des gaz dans les laboratoires industriels est d'avoir, à chaque instant, des données sur la marche des divers appareils produisant ou utilisant le gaz. Ces données ne sont pas seulement d'un haut intérêt théorique mais encore d'un intérêt pratique considérable, car ce n'est que par elles qu'on est arrivé à avoir des vues exactes sur la valeur intrinsèque des gaz, sur l'utilisation plus ou moins parfaite du combustible dans les gazogènes, sur la forme à donner à ceux-ci, et sur l'utilisation plus ou moins rationnelle des gaz combustibles dans les fours, etc.

Il est inutile de signaler plus longuement ici tous les avantages qu'on peut tirer de l'analyse du gaz ; la preuve la plus éclatante des services qu'elle a rendus, est l'extension rapide que cette branche spéciale de l'analyse a prise depuis quelques années.

De nombreux appareils ont été imaginés pour rendre les analyses de gaz aussi précises que possible, en même temps que très rapides, et d'une exécution facile.

Une des difficultés principales est d'obtenir un bon échantillon moyen.

En effet, la nécessité de n'opérer que sur un faible volume ne permet pas de recueillir du gaz pendant une longue durée, d'où cause d'erreur résultant des variations de composition du gaz.

Le meilleur moyen à notre avis consiste à prendre d'abord un courant principal à grand débit à la source de gaz, et sur ce courant, de brancher un courant secondaire plus faible, lequel constituera la prise d'essai moyenne.

Nous ne pouvons pas ici nous étendre sur les divers procédés et méthodes en usage dans l'analyse des gaz ; nous nous contenterons d'indiquer au lecteur qu'il pourra puiser de sérieux et utiles renseignements à ce sujet dans les ouvrages ci-dessous (1).

Parmi les nombreux appareils dont on peut faire usage pour l'analyse rapide des gaz, nous indiquerons et décrirons sommairement l'appareil inventé par M. Coquillion. Il ressemble quelque peu à l'appareil bien connu d'Orsat, mais il a sur ce dernier l'avantage de permettre d'effectuer rapidement et de façon sensiblement exacte, le dosage des hydrocarbures ; en outre on évite, en ramenant le gaz dans le mesureur avant chaque lecture — l'inconvénient et les erreurs résultant des tubes capillaires.

L'appareil (fig. 128) se compose d'un tube mesureur M divisé en 100 parties égales, mais dont la partie inférieure, d'un diamètre plus étroit, est graduée en dixièmes. Ce mesureur est entouré d'un manchon plein d'eau pour maintenir la température constante ; il est relié à la partie inférieure, à un flacon élévateur contenant de l'eau ; à la partie supérieure avec un tube capillaire horizontal formant la rampe R et à un petit tube recourbé d'introduction du gaz. La rampe est en relation avec trois flacons à réactifs P', C, P ; (P' renfermant une solution de potasse, P contenant du pyrogallate, C contenant du chlorure de cuivre) avec le brûleur B, se continuant par la cloche C', et enfin, à son extrémité, avec une cloche E surmontée d'un réservoir à brôme. Cette cloche E est destinée spécialement au dosage des carbures de la série $C^{2n} H_{2n}$, et elle peut facilement être séparée du reste de l'appareil, dans le cas où on n'a pas à effectuer le dosage de ces divers carbures.

Le brûleur B consiste en une petite cloche élargie à son sommet et fermée par un bouchon en caoutchouc muni de trois trous. Dans deux de ces trous passent des tiges verticales en laiton servant à fixer à l'intérieur du brûleur un fil de palladium qui sera porté au rouge par le courant de deux piles Bunsen. Le troisième trou du bouchon en

(1) *Encyclopédie chimique. Gaz et analyse*, par M. Ogier ; — *Manuel pratique de l'analyse industrielle des gaz*, par Ch. Winkler ; — *Traité pratique de Chimie métallurgique*, traduit de l'allemand par E. Vlasto.

caoutchouc porte une cloche C' plongeant dans une éprouvette toute remplie d'eau.

Supposons qu'on veuille faire l'analyse d'un gaz renfermant CO^2.O. Co. C^2H^4. Az. $H^5C^4H^4$ *ou homologues*. On opère d'abord à l'aide des cloches P', C, P, le dosage de Co^2. O. Co. Le gaz est ensuite chassé dans la cloche E où on introduit quelques gouttes de brôme, de là le gaz est ramené dans le mesureur après avoir été dépouillé des vapeurs de brôme dans le flacon à potasse. La diminution de volume représente C^4H^4 et homologues. Le dosage de C^2H^4 et H s'effectue en faisant circuler le gaz

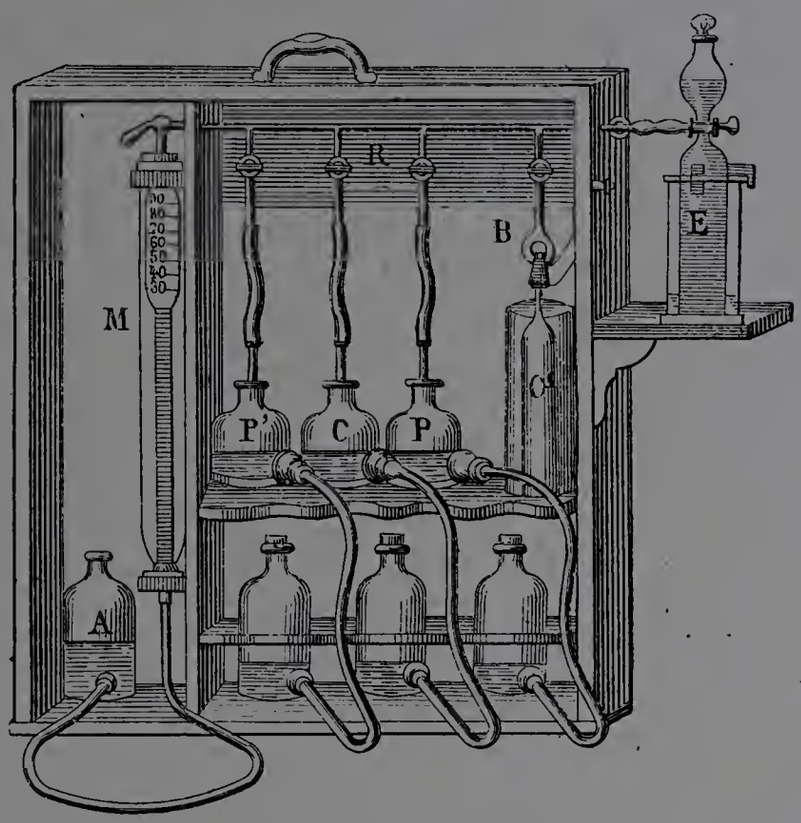


Fig. 128.

additionné au préalable d'une quantité déterminée d'oxygène dans le brûleur B dont le fil de palladium est porté au rouge. On détermine après la combustion, le volume du CO^2 formé d'où on déduit la teneur en C^2H^4. D'après la contraction observée après combustion, on connaît l'hydrogène et enfin après absorption de l'excès d'oxygène on mesure directement l'azote. Ce dosage direct de l'azote est en même temps un contrôle du dosage de l'hydrogène.

On ne doit faire aucune lecture avant d'avoir, au moyen de la cloche C', fait passer un courant d'eau dans la rampe R, ce qui ramène la to-

talité du gaz dans le mesureur. Cette possibilité de faire des mesures exactes rend très précieux l'usage de l'appareil Coquillion, dont le seul inconvénient (partagé par tous les instruments du même genre) est de ne pas donner de certitude absolue quant au dosage de l'acide carbonique, en raison de la solubilité de ce gaz dans l'eau. On peut atténuer cet inconvénient en faisant usage d'eau tenant en dissolution du chlorure de sodium.

Détermination de la vitesse d'écoulement des gaz (1).

La détermination de la vitesse d'écoulement des gaz est une opération qui se présente fréquemment dans l'Industrie et que l'on pratique généralement au moyen des anémomètres de systèmes divers, Combes, Casartelli, Biram, etc. Tous ces instruments reposent sur la rotation d'un moulinet à palettes planes ou hélicoïdales, dont l'axe porte une vis sans fin, commandant un compteur de tours. On tare chaque anémomètre expérimentalement, et l'on joint à l'instrument une formule ou un graphique qui permet de traduire en vitesses les nombres de tours observés par seconde ou par minute.

Ce procédé laisse évidemment beaucoup à désirer, parce qu'il suppose que les coefficients de la formule de tarage conservent leur valeur. On conçoit facilement que les poussières qui s'introduisent dans les mécanismes, l'épaississement des huiles, constituent des causes importantes d'altération pour des instruments aussi délicats. En outre les anémomètres sont construits généralement pour les expériences de ventilation c'est-à-dire pour des vitesses qui ne dépassent guère 2 m, $2^m,50$ au maximum par seconde. Or dans nombre de cas et particulièrement lorsqu'on veut mesurer le débit d'un ventilateur, par exemple, les vitesses sont beaucoup plus grandes et les anémomètres sont inutilisables ; car les bras et les ailettes fléchissent, il se produit des vibrations et les constantes se trouvent faussées.

On peut les remplacer avantageusement par l'appareil dont la figure représente la disposition et qui se compose d'un manomètre à tube incliné dont les deux extrémités soient reliées à un tube de Darcy, complété par un ajutage statique de Ritter. Ce dernier ramène à l'unité le coefficient de tarage de l'instrument, de sorte qu'on peut l'employer comme un

(1) *Démichel*, constructeur à Paris.

véritable étalon à l'aide duquel on détermine la vitesse en appliquant la formule de Torricelli, étendue aux gaz par Bernoulli.

L'ajutage de Darcy se compose d'un tube dont l'orifice est ouvert perpendiculairement au courant du fluide à mesurer, et d'un autre tube dont l'orifice est ouvert parallèlement à la même direction. Le premier est relié par un caoutchouc à la cuvette du manomètre et le second à l'extrémité libre du tube de verre.

Si le système des ajutages Darcy-Ritter était plongé dans un gaz en repos, le manomètre n'indiquerait aucune pression. Mais si le gaz est en mouvement, le tube ouvert perpendiculairement au courant reçoit la *pression vive*, tandis que l'autre continue à fournir la pression hydrostatique. Le niveau dans le manomètre se déplace d'autant plus

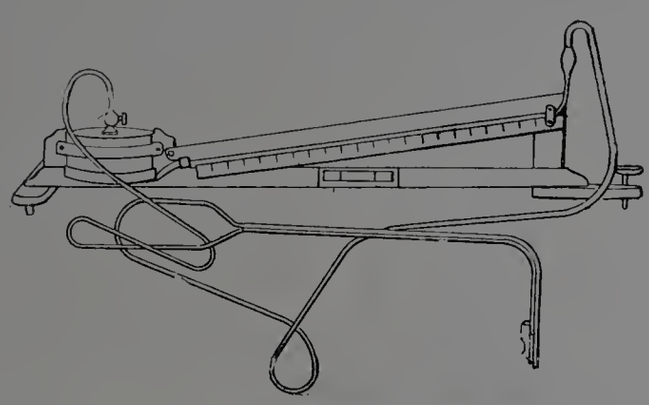


Fig. 129.

que la pression vive est plus forte (fig. 129) et la variation de niveau lui sert de mesure.

On calcule la vitesse qui correspond à la pression observée au moyen de la formule bien connue : $v = \sqrt{2gh}$, dans laquelle il faut exprimer h en hauteur de la colonne gazeuse équivalente à celle du liquide, en tenant compte de la température.

Désignant par h la dénivellation dans le manomètre,

— D la densité du liquide employé dans ce dernier,

— t la température du gaz qui s'écoule,

— d_0 la densité de l'air à 0°, $d_0 = 0{,}001293$,

— α le coefficient de dilatation des gaz, $\alpha = 0{,}00367$,

on aura :

$$v = \sqrt{2g\frac{h\,D\,(1+\alpha t)}{d_0}}$$

En supposant, par exemple, que le manomètre renferme de l'eau on

écrira D = 1 ; admettons en outre, que la température du gaz soit de 15° et qu'on observe une différence de niveau $h = 0^m,02$, on obtiendra :

$$v = \sqrt{2 \times 9.81 \frac{0\ 02\ (1 + 0,00367 \times 15)}{0,001293}} = 126,52 \sqrt{h} = 17^m,84.$$

L'eau mouillant mal le verre, il est préférable de faire usage dans le manomètre d'alcool coloré. Supposons dans ce cas

$$D = 0.835 \qquad t = 20^\circ \text{ et } h = 0^m,025.$$

on trouvera :

$$v = \sqrt{2 \times 9.81 \frac{0\ 025 \times 0.835\ (1 + 0,00367 \times 20)}{0,001293}} = 15^m,49.$$

Lorsqu'on veut connaître le débit d'une cheminée, ou de toute autre conduite à grande section, il importe de déterminer la vitesse en différents points, car il arrive fréquemment que des coudes ou des obstacles trop voisins, déterminent des irrégularités très importantes dans la distribution des filets fluides. Il faut alors procéder à un jaugeage méthodique en décomposant la section en un certain nombre d'éléments superficiels au centre desquels on fait une observation. On prend la vitesse moyenne qui en résulte pour faire le calcul du volume débité réellement par la section qu'on étudie.

Il est utile de faire remarquer que l'appareil peut servir avec les gaz chauds et acides que produisent certaines usines, aussi bien qu'avec l'air froid. A ce point de vue, il est d'un emploi plus sûr que les anémomètres qui sont promptement mis hors de service.

Le manomètre peut aussi servir à mesurer les dépressions en établissant la communication avec le tube de verre seul.

CHAPITRE II

DÉTERMINATION DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES

La détermination des températures dans les fours présente un grand intérêt : elle permet de perfectionner les rendements, d'opérer des réactions entre des limites très restreintes de température. Depuis longtemps ce problème a fixé l'attention des savants.

Nous décrivons dans ce chapitre, quelques-uns des appareils imaginés pendant ce siècle.

Bombe calorimétrique de M. Berthelot.

MODIFIÉE PAR M. MAHLER

Cet appareil (fig. 130), inventé par M. Berthelot, et modifié par M. Mahler, ingénieur des mines, est destiné à mesurer le pouvoir calorifique des combustibles, solides liquides ou gazeux.

Il est constitué par une enceinte métallique, sorte d'obus en acier, émaillé à l intérieur d'une capacité de 650 cm^3, dans lequel on effectue la combustion à l'aide d'oxygène sous pression.

L'inflammation est produite à l aide d'un courant électrique qui porte au rouge un fil de fer d'un poids connu.

La chaleur développée est communiquée à l'eau d'un calorimètre dans lequel est plongée la bombe. L'élévation de température de l'eau est constatée à l'aide d'un thermomètre gradué en centièmes de degré.

Cet appareil nous paraît devoir donner des résultats absolument exacts ;

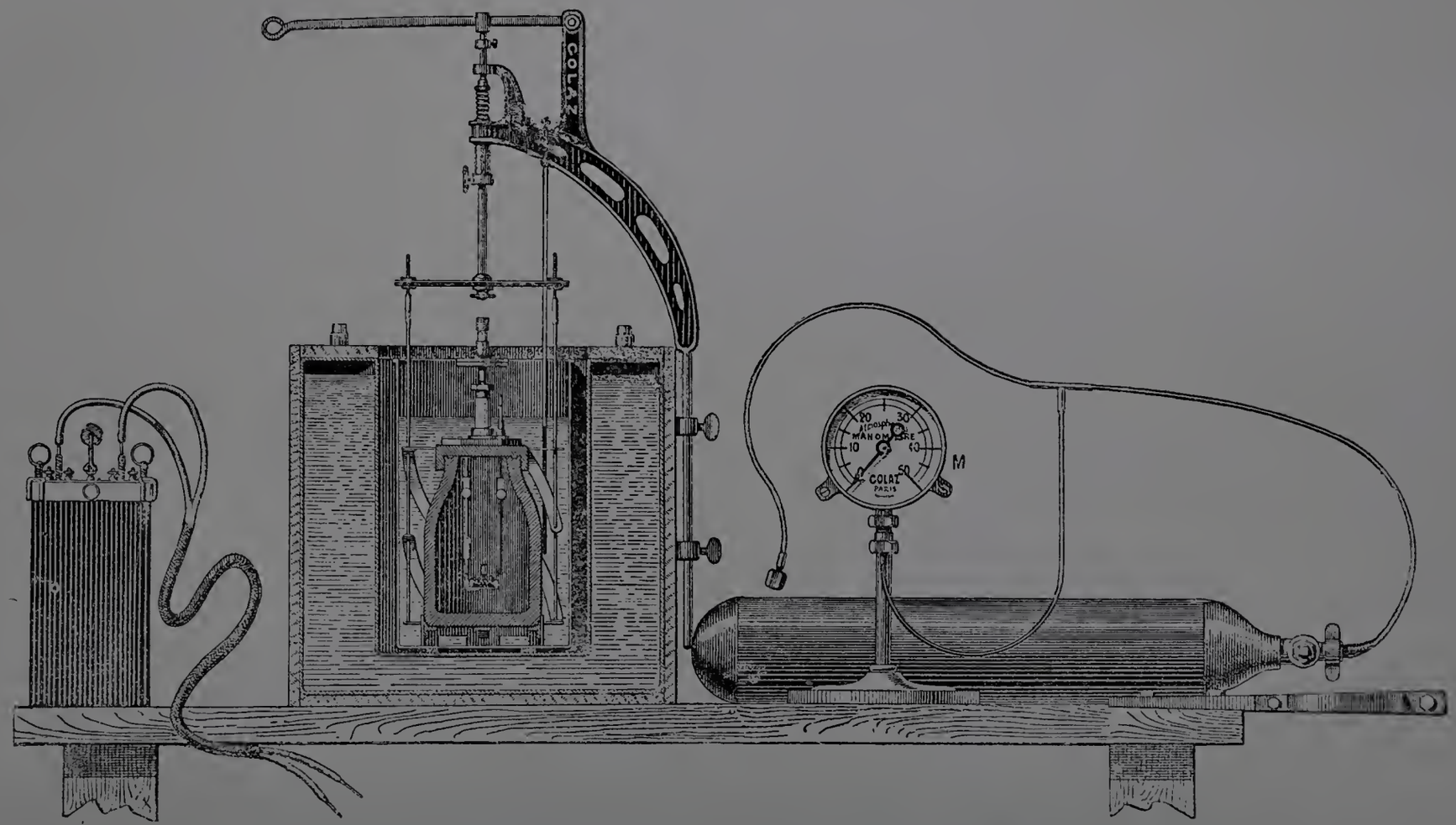


Fig. 130. — Bombe calorimétrique do M. Berthelot, modifiée par M. Mahler.

cependant, dans le cas de combustible gazeux, il nous semble que les résultats ont besoin d'être complétés par l'analyse chimique.

En effet, des gaz possédant le même pouvoir calorifique, peuvent en pratique se comporter de façon bien différente ; ils peuvent, pour leur combustion, ne pas exiger le même volume d'air, et par suite ne pas donner la même température.

Exemples :

	I	II	III	IV	V
CO	21.00	25 00	23.00	19.00	27 00
CO^2	2 00	4.00	6.00	7.00	2.00
C^2H^4	5 00	3.00	5.00	4.50	1.00
H	12.00	4.10	»	6.00	8.20
Az	60.00	63.90	66.00	63.50	61.80
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pouvoir calorifique par m^3	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114
Vol. des produits brûlés	1 860	1.882	1.960	1.950	1.804
Température théorique de combustion	1.808°	1.808°	1.716°	1.716°	1.866°

Il peut donc y avoir, entre les températures de combustion de deux gaz possédant le même pouvoir calorifique, un écart très considérable (150° entre le IV et V).

Il est logique d'admettre que ces écarts de température ne sont pas sans influence au point de vue pratique.

Ainsi, dans certains cas, il est des réactions qui exigeant une température de 1.800°, ne pourront pas être réalisées avec les gaz III et IV, tandis qu'elles s'effectueront facilement avec le gaz V, et cependant l'emploi de la bombe calorimétrique aurait indiqué, pour ces divers gaz, une valeur identique, puisqu'ils ont tous pour pouvoir calorifique 1.114 calories par mètre cube.

En outre, il est encore un élément dont l'emploi de la bombe ne permettrait peut-être pas facilement de tenir compte, à savoir la vapeur d'eau, qui existe dans le gaz en proportion variable. Dans des essais faits sur des gazogènes, on a trouvé jusqu'à 5 0/0 de vapeur d'eau en volume, soit 50 lit. par mètre cube, ou environ 40 grammes.

Or, un gaz renfermant 40 grammes de vapeur d'eau par mètre cube, serait saturé pour une température de 30 à 35°.

Pour que la bombe puisse tenir compte de l'eau dans l'essai d'un semblable gaz, il faudrait que la combustion s'effectue dans un laboratoire dont la température soit au moins égale à 35°. L'eau du calorimètre, ainsi que la bombe, devraient naturellement aussi posséder une température de 35°. Peut-être, M. Mahler tourne-t-il la difficulté par un moyen qu'il est assez facile de concevoir, mais il n'en est pas fait mention dans les descriptions de son appareil.

Il est du plus haut intérêt au point de vue de la conduite régulière d'un four et par suite de la régularité du travail qu'on y opère, de pouvoir déterminer à chaque instant, ou du moins pendant les diverses phases du travail, quelle est la température que possède le four.

Un nombre infini de pyromètres ont été inventés, reposant sur les principes les plus variés, et malheureusement il faut reconnaître que la plupart ne peuvent avoir d'application sérieuse.

C'est ainsi qu'après avoir employé d'une manière générale le pyromètre à argile de Wedgwood, on a essayé et finalement rejeté les pyromètres métalliques, puis le pyromètre calorimétrique de Regnault plus ou moins modifié par Fischer, Weinholdt et Wilson. De même et pour la même raison — défaut de comparabilité entre les indications fournies par un même appareil — on a délaissé le pyromètre électrique de Siemens.

Parmi les pyromètres susceptibles de fournir des renseignements sensiblement exacts, nous citerons celui de MM. Boulier frères et de Saintignon et le pyromètre électrique de M. Le Châtelier.

Le pyromètre Boulier et de Saintignon est un appareil calorimétrique reposant sur le principe suivant :

Un courant d'eau circule dans le milieu dont on veut déterminer la température, avec une vitesse et une pression constantes. Le débit étant ainsi uniforme, la température de l'eau s'élèvera d'autant plus que le milieu sera à une température plus élevée. Il suffit donc de mesurer l'accroissement de température du courant d'eau, ce qu'on obtient par la lecture des indications données par deux thermomètres placés, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie de l'eau.

Le reproche le plus grave qu'on puisse faire à cet appareil, c'est que, après un certain temps de fonctionnement, le tube de circulation d'eau se recouvre intérieurement d'incrustations provenant du dépôt des matières tenues en dissolution dans l'eau et que la chaleur précipite. On remédie à cet inconvénient en faisant usage d'eau et pluie filtrée, ou mieux d'eau distillée.

En outre, quand le four, dont on veut déterminer la température, fonctionne avec une flamme réductrice, il se produit à l'extérieur du tube un dépôt de matières charbonneuses, qui fait varier la conductibilité du métal et vient fausser les résultats.

Dans la pratique on écarte cette cause d'erreur en entourant d'une gaine en poterie le tube de circulation d'eau. Cette manière de faire a, en outre, l'avantage de faire indiquer à l'appareil ce que nous appellerons la température moyenne du four, en ce sens qu'elle permet d'éviter les variations brusques dues à des « coups de chalumeau ».

Pyromètre de Le Chatellier.

Le pyromètre Le Châtelier est basé sur la mesure de l'intensité d'un courant produit par l'échauffement de la soudure d'un couple thermoélectrique ; réuni par un conducteur double à un galvanomètre. Le couple est composé de platine et de platine rhodié.

Cet appareil permet de prendre des températures périodiquement aux différentes phases du travail d'un four avec des erreurs ne dépassant pas 25° centigrades. Ce sont là des indications précieuses que l'on obtiendra avec ce pyromètre.

Malheureusement cet instrument n'est pas assez robuste pour pouvoir être mis entre les mains d'un ouvrier, et en outre il ne peut servir à suivre d'une façon continue les variations de température. En raison des modifications que les températures élevées apportent dans la structure des métaux, la conductibilité varie assez rapidement et on doit procéder fréquemment à une graduation nouvelle.

Un seul intermédiaire peut transmettre à l'observateur l'état calorifique d'un foyer sans éprouver d'altération, c'est la matière vibrante : l'éther. Il faut donc absolument dans la construction d'un pyromètre robuste, utiliser les radiations lumineuses des corps incandescents, c'est-à-dire chercher simplement à remplacer l'œil comme appareil de mesure, par un appareil qui soit plus précis tout en restant assez simple. C'est sur ce principe qu'est basée la lunette de MM. Mesuré et Nouel, (dont nous donnons plus loin la description) laquelle peut servir seulement à constater, soit l'invariabilité, soit le sens de variation de la température sans qu'on puisse espérer obtenir une précision de plus de 50°.

Pyromètre optique.

Poursuivant ses recherches sur les hautes températures, M. *Le Châtelier* a étudié un nouveau pyromètre basé sur la mesure de l'intensité absolue d'une radiation déterminée, émise par le corps incandescent. Il ne tient pas compte, — après en avoir reconnu le peu d'influence — des différences de pouvoir émissif, des divers corps pour une même température, d'ailleurs, dans la pratique, les corps se comportent généralement comme s'ils avaient le même pouvoir émissif, puisqu'ils sont renfermés dans une enceinte sensiblement en équilibre de température avec eux.

Le photomètre (fig. 131) que M. *Le Châtelier* a adopté pour la construction de son nouveau pyromètre, est celui de M. Cornu qui permet de comparer l'image réelle du corps incandescent et celle de la flamme d'une petite lampe à pétrole. Les intensités sont ramenées à l'égalité par l'interposition d'un certain nombre de verres, nuance fumée, et

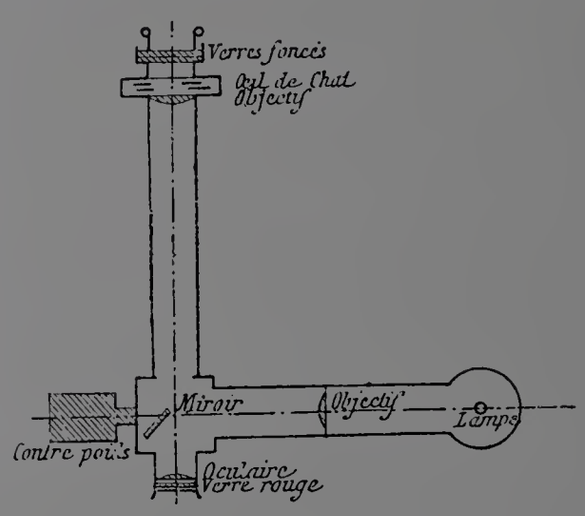


Fig. 131.

ensuite par l'ouverture variable d'un diaphragme dit œil de chat, placé contre l'objectif. Un verre rouge placé devant l'oculaire permet de n'examiner que des radiations monochromatiques.

Le pouvoir absorbant de chacun des verres est mesuré au moyen du diaphragme « œil de chat » en visant une même source lumineuse avec ou sans l'interposition du verre foncé. Les intensités lumineuses sont rapportées à celles de la partie brillante de la flamme d'une lampe étalon à acétate d'amyle.

La graduation de l'instrument a été obtenue en mesurant l'intensité

lumineuse d'une sphère de palladium fondue sur la soudure d'un couple thermo-électrique. On a fait deux graduations : l'une qui s'applique à tous les corps renfermés dans une enceinte de température uniforme, l'autre aux corps placés à l'air libre, pourvu que leur pouvoir émissif soit voisin de celui du palladium (platine, argile).

Il résulte d'expériences faites aux usines du Creusot, qu'il est facile, avec ce pyromètre d'obtenir des mesures de température concordant à 10° près, ce qui est suffisamment précis pour des essais industriels. Cet appareil (auquel manque la sanction de la pratique) semble donc convenir parfaitement lorsqu'il s'agit de régler empiriquement la marche d'une opération métallurgique, céramique ou toute autre semblable. Ses indications restent absolument comparables entre elles.

Lunette pyrométrique de MM. Mesure et Nouel.

La détermination courante de la température des corps incandescents s'obtient, en général par l'appréciation de leur nuance lumineuse, en appliquant l'échelle de Pouillet. Le procédé est rapide, mais il manque de précision : l'observation obtenue est variable pour divers observateurs ou pour le même observateur opérant à divers intervalles de temps ou dans des usines, différemment éclairées, cette méthode exige un œil fréquemment exercé.

La lunette pyrométrique de MM. Mesuré et Noüel (fig. 132 et 133) écarte ces inconvénients en ramenant la détermination des nuances lumineuses à l'observation rapide et pratique d'un phénomène comparable à lui-même en toutes circonstances et susceptible d'être mesuré.

Cette lunette basée sur les phénomènes de polarisation rotatoire, comprend essentiellement : un polarisateur et un analyseur dont le réglage à l'extinction donne le zéro de la graduation du cercle divisé. Ce cercle divisé en degrés est mobile devant un index fixe. Entre les deux nicols est situé un quartz d'épaisseur convenable, bien calibrée. Ce quartz est taillé perpendiculairement à l'axe.

Une loupe vise l'ouverture garnie d'une glace parallèle ou à volonté d'un verre diffusant dépoli très doux.

Si l'on examine avec ce polarimètre spécial, un corps incandescent, les proportions des divers rayons simples qu'il émet, variant avec la température, il s'en suivra que pour une rotation donnée de l'analyseur, la teinte composée obtenue sera différente de cette température et que

le passage d'une teinte à une autre se fera pour un angle variable suivant la nuance lumineuse du corps incandescent.

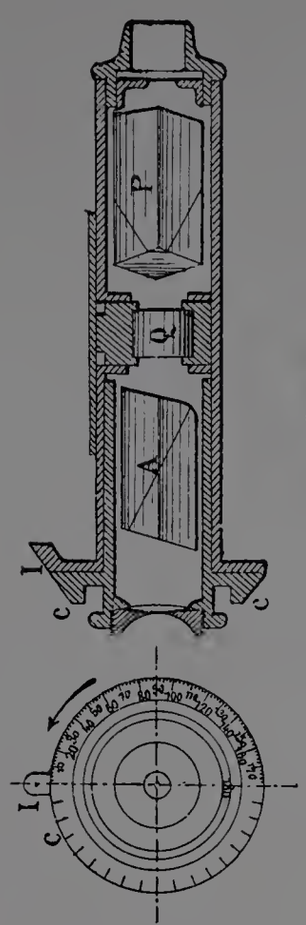


Fig. 132.

Fig. 133.

Il suffit d'observer le corps incandescent à travers cette lunette et de faire tourner lentement l'oculaire dans le sens de la graduation de son cercle. On trouve bientôt une position variant entre 20 et 90° où la teinte perçue passe rapidement du vert au rouge ; cette transition s'opère vers un point de la graduation qui diffère suivant la nuance lumineuse (et par suite la température) du corps incandescent.

Le passage du vert au rouge se produit par une rotation angulaire assez faible de l'analyseur ; entre ces deux couleurs franches, on observe aisément une autre teinte dite de passage, d'une nuance « citron sale ».

C'est cette teinte de passage qu'il faut observer ; c'est à elle qu'on arrête la rotation de l'analyseur ; au chiffre donné sur le cercle par l'observation de cette teinte sensible, correspond la température du corps incandescent. Cette température a donc pour mesure le nombre de degrés dont on a fait tourner l'analyseur devant l'index fixe.

Dans les lunettes pyrométriques en service courant, depuis quelques

années aux usines de Saint-Jacques, à Montluçon, et qui sont semblables à celles que M. Ducretet construit pour l'industrie, les degrés d'angle observés pour cette teinte de passage, correspondent en degrés centigrades au chiffres ci-dessous.

Degrés du cercle	40°	donnant	900°	centigrades	correspondant au rouge cerise	Teinte de l'échelle de Pouillet du foyer incandescent.
—	46	—	1.000	—	— — clair	
—	52	—	1.100	—	— orangé foncé	
—	57	—	1.205	—	— — clair	
—	62	—	1.300	—	— au blanc	
—	66	—	1.400			
—	69	—	1.500			

Il peut arriver dans certains cas que l'appareil reçoive quelques rayons de lumière blanche diffuse en même temps que les rayons du corps incandescent dont on veut apprécier la température, et les résultats sont alors légèrement faussés ; on obvie à cet inconvénient en prolongeant la lunette par un tube noirci à l'intérieur et plus ou moins allongé. S'il y a dégagement de gaz chauds pour le four qu'on étudie, il convient de fermer ce tube par un verre placé à l'extrémité.

Les températures inférieures à 900° sont généralement difficiles à apprécier à cause de la faible quantité de lumière, on adapte alors une lentille de grand diamètre qui concentre plus de lumière comme dans la disposition représentée sur la figure ; mais pour les températures plus élevées on peut même supprimer cette lentille, comme on le fait dans les lunettes employées actuellement.

La monture de la lentille extrême est mobile pour permettre d'atteindre le diaphragme intérieur. La lunette est coupée en T, afin qu'on puisse enlever le quartz, vérifier et mettre la virole à l'extinction par rapport au zéro de la graduation. Les montures sont à vis et guides pour avoir un démontage parallèle et non concentrique afin d'éviter un déréglage.

La graduation gravée en E suivant la longueur de la lunette que découvre le mouvement de l'objectif, à la façon d'un palmer, est établie pour les distances de l'objet visé à l'objectif, depuis l'origine jusqu'à $0^m,50$; cette graduation est tracée d'après la formule connue

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}$$

Nous ferons la remarque suivante concernant l'emploi de la lunette pyrométrique. Il est souvent nécessaire d'observer la température de

divers métaux qui pendant leur fusion, donnent des vapeurs colorées, rouges, vertes, etc., qui viennent troubler l'observation de la teinte de passage. De même dans un four chauffé directement par le contact des flammes avec les corps à chauffer, l'observation est souvent entravée par le passage, dans le champ de la lunette, de courants de gaz tantôt réducteurs, tantôt complètement brûlés et dont la nuance lumineuse est par conséquent très variable.

La fig. 134 montre le dispositif à employer ; il suffit de plonger dans le bain ou le foyer à observer un tube de fer ou de poterie T, fermé à un bout, et de regarder pour le trou ouvert le fond de ce tube avec la lunette pyrométrique.

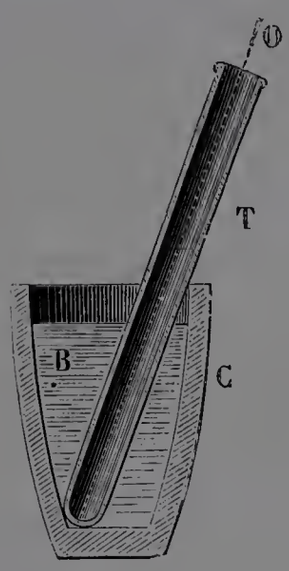


Fig. 134.

On a tout le temps et les colorations du foyer ne peuvent gêner l'observation.

Le but que l'on doit se proposer dans l'emploi de la lunette pyrométrique est moins de mesurer les températures que de pouvoir suivre par des observations comparables entre elles, les variations de température d'un corps ou d'un foyer, ou encore de déterminer un point de repère pour la température qui convient à une opération industrielle et de pouvoir toujours retrouver ce point et le reproduire lors d'une nouvelle opération.

A ce point de vue, cet appareil, d'un emploi facile, peut rendre de grands services.

Pyroscopes.

Un procédé pyrométrique beaucoup plus simple que tous ceux dont nous venons de parler, consiste à disposer en différents points du four à étudier, des substances susceptibles de fondre et à observer le moment où elles entrent en fusion. Si on connaît le point de fusion de ces substances on sera renseigné exactement sur la température atteinte à cet instant ; si on ne la connaît pas on utilisera « ces montres fusibles », non plus pour constater la température absolue atteinte, mais pour servir de régulateur de cuisson et ultérieurement d'indicateur pour l'arrêt du four, lorsqu'on aura par expérience, établi que cet arrêt doit coïncider avec la fusion de telle ou telle substance. Naturellement ce procédé ne peut donner d'indications que sur la marche ascendante ou

stationnaire de la température ; si elle décroît les montres fusibles n'indiquent plus rien.

On a d'abord employé comme « montres fusibles » — Seger — des alliages de différents métaux argent et or, ce dernier alliage était employé pour la détermination des températures très élevées. Quand cet alliage renferme plus de 15 0/0 de platine (ce qui correspond à 1160° centigrades), les indications sont douteuses par suite d'une séparation des métaux par liquation. Aussi a-t-on dû faire usage d'argiles mélangées (suivant le point de fusion qu'on veut leur communiquer) à des substances augmentant ou diminuant leur fusibilité, telles que pegmatite, feldspath, borax, sable, craie, etc.

On emploie assez fréquemment des montres fusibles ou pyroscopes dont le point de fusion a été déterminé par comparaison avec les meilleurs appareils pyrométriques; on en forme des séries dont le point de fusion de chacun des termes est inférieur de 25 à 30° à celui du terme qui le suit immédiatement. Avec ces pyroscopes, il est facile de reproduire une opération dont on connaît la température limite. Il suffit de placer dans le four deux montres consécutives de la série, la première présentant la température qu'il faut atteindre, la seconde indiquant la température qu'il ne faut pas dépasser.

Pyromètres enregistreurs.

Parmi les appareils destinés à mesurer les températures élevées quelques-uns se prêtent à l'enregistrement continu. Cet enregistrement est utile pour les applications industrielles comme pour les recherches scientifiques. Dans les laboratoires de recherches, on s'attache autant que possible à effectuer toutes les mesures par des procédés automatiques échappant à l'influence soit des idées préconçues, soit des négligences des observateurs ; dans les usines, l'emploi de procédés semblables donne un contrôle continu du travail des ouvriers que la présence d'aucun surveillant ne saurait remplacer.

L'enregistrement peut se faire au moyen d'une plume écrivante ou par la photographie. Le premier de ces procédés, d'un maniement plus simple, est préférable dans les usines ; le second, dont les indications sont plus précises, est préférable dans les laboratoires. Mais le plus souvent, on n'a pas le choix, chaque phénomène utilisé dans les mesures ne se prêtant généralement qu'à un seul procédé d'enregistre-

ment. Actuellement, trois seulement parmi les différents pyromètres ont pu être rendus enregistreurs :

Le pyromètre à gaz à volume constant ;

Le pyromètre à résistance électrique ;

Le pyromètre thermo-électrique.

Pyromètre enregistreur à gaz. — Il suffit de réunir d'une façon invariable le tube du réservoir en porcelaine à un manomètre enregistreur pour réaliser un pyromètre enregistreur théoriquement parfait. Mais pratiquement ces appareils présentent des inconvénients multiples qui ont empêché leur emploi de se répandre. En effet, au-dessus de 1000°, la perméabilité de la porcelaine à la vapeur d'eau suffit pour les mettre rapidement hors de service ; — l'étanchéité absolue de l'appareil est très difficile à obtenir ; — le raccord des parties métalliques avec le tube de porcelaine, généralement fait avec des matières d'origine organique, doit être protégé contre le rayonnement des fours par une enveloppe à circulation d'eau ; — la difficulté de la graduation est très grande : la graduation directe est impossible à cause de l'espace nuisible, la graduation empirique par l'emploi de bains à point de fusion ou d'ébullition fixe est très délicate.

Pyromètre enregistreur à résistance électrique. — L'appareil de M. Callendar, très coûteux, est actuellement le seul qui permette l'enregistrement des températures élevées par des procédés purement mécaniques, sans l'intervention de la photographie ; il est possible que son emploi se répande dans certaines grandes usines. Pour les travaux de laboratoire, il semble moins convenable. L'enregistrement enlève à la méthode des résistances électriques la grande précision qu'elle comporte et qui en fait le principal mérite ; il lui laisse ses inconvénients : emploi d'un tube de porcelaine fragile et relativement volumineux pour la protection de la spirale.

M. Callendar a appliqué la même méthode d'enregistrement au balomètre de Langley.

Théoriquement, la même méthode d'enregistrement peut s'appliquer à la mesure des températures élevées au moyen des couples thermo-électriques, en employant la méthode par opposition.

Pyromètre enregistreur thermo-électrique. — De nombreuses tentatives ont été faites pour obtenir un enregistrement avec une plume, comme cela se fait pour les voltmètres et ampèremètres industriels, mais jusqu'ici on n'a pas encore réussi. Les intensités de courant dont on dispose sont trop faibles. On trouve bien dans le commerce de pré-

tendus pyromètres enregistreurs semblables, mais ils sont construits avec des cadres de galvanomètre de quelques ohms seulement et ne peuvent pas donner de mesures de températures exactes à 100° près.

Dans l'enregistrement des températures, on peut chercher deux résultats tout à fait différents auxquels conviennent des procédés d'enregistrement également différents. On peut se proposer de déterminer la température à une époque déterminée, c'est-à-dire de tracer la courbe des températures en fonction du temps; ce sera presque toujours le but poursuivi dans les usines. Il suffit, dans ce cas, de faire tomber le faisceau lumineux réfléchi par le miroir du galvanomètre sur une plaque sensible animée d'un mouvement de translation vertical. Les deux coordonnées de la courbe ainsi enregistrée donnent, l'une la température, l'autre le temps.

On peut, au contraire, se proposer de connaître la vitesse de variation de la température à un moment donné, en même temps que la valeur correspondante de la température. C'est le cas dans la plupart des recherches de laboratoire dans lesquelles on cherche la température à laquelle se produit un phénomène déterminé (fusion, transformation allotropique, etc.) Un faisceau lumineux réfléchi par le miroir du galvanomètre est envoyé périodiquement à des intervalles réguliers, une seconde, par exemple, sur une plaque sensible fixe. La distance de deux images successives donne la variation de température pendant l'unité de temps, c'est-à-dire la vitesse d'échauffement ou de refroidissement; la distance de la même image à l'image correspondante au début du chauffage donne la mesure de la température.

Dans toutes les expériences d'enregistrement photographique, il faut remplacer les miroirs habituels des galvanomètres qui donnent des images tout à fait insuffisantes comme netteté et intensité par des miroirs spéciaux formés par une lentille plan-convexe, argentée sur sa surface plane. Je renverrai aux ouvrages spéciaux pour la description des appareils de MM. Le Chatelier, Charpy et Robert Austen [1].

Les pyromètres enregistreurs ont plutôt été employés jusqu'ici dans les laboratoires scientifiques. Il en existe cependant quelques-uns dans des usines métallurgiques, notamment aux hauts-fourneaux de Clarence-Works, appartenant à sir Lothian Bell, et aux hauts-fourneaux de Dowlais.

(1) Le Chatelier et Boudouard. — *Mesures des températures élevées*, p. 191 (Carré et Naud, éditeurs, Paris).

Nous devons également citer *le pyromètre actinométrique* de C. Latarche, de Lempire (Meuse).

L'auteur, pour arriver à une évaluation exacte des températures qui échappent aux mesures directes, a pensé que le moyen le plus simple est de procéder par une méthode consistant à relever, sous un angle déterminé, le degré actinométrique, c'est-à-dire l'écart entre deux thermomètres convenablement disposés, dont l'un marque une température fixe, qui sert de base aux mesures, et l'autre une température variable avec l'élévation de la température à mesurer.

Pour faire progresser notre connaissance des températures élevées, trois points devraient être étudiés .

1° Détermination précise des points fixes servant à la graduation des pyromètres (1) ;

2° Pour les recherches de haute précision, déterminer la forme générale de la fonction qui relie la résistance électrique du platine à la température ;

3° Pour la mesure de température extrêmement élevées qui ne peuvent être atteintes que par les méthodes employant la radiation, et en se livrant à des extrapolations souvent considérables, il serait très utile de déterminer avec plus de précision les lois de la radiation d'un corps rigoureusement noir, soit pour une radiation monochromatique, soit pour la totalité des radiations calorifiques.

Si la mesure des températures présente un grand intérêt au point de vue scientifique on doit reconnaître que les solutions trouvées l'ont été sous l'influence de préoccupations industrielles (1).

Wodgvood Seger, Siemens ; M. H. Le Chatelier, M. Hadfield, M. Roberts-Austen, ont été amenés à trouver ces moyens de mesurer les températures élevées en voulant régulariser leurs fabrications, en cherchant à les contrôler. Ceci prouve le lien intime existant entre les sciences et l'industrie.

(1.) Détermination des hautes températures. Communication faite au Congrès de chimie appliquée en 1900.

CHAPITRE III

EXAMEN DES DÉFAUTS DU VERRE

Nous venons d'exposer rapidement les modifications et perfectionnements apportés dans ces dernières années au travail du verre.

Nous avons vu qu'en ce qui concerne la fabrication proprement dite, les efforts se sont surtout portés sur les moyens de tirer le meilleur parti possible du combustible. De l'utilisation plus ou moins parfaite du combustible dépend en effet, en grande partie, l'importance du prix de revient. Un autre élément qui a également son importance est, sans contredit la qualité, le choix du verre.

Aussi croyons-nous devoir terminer ce travail par l'exposé d'une méthode d'investigation sur les défauts du verre, persuadés d'ailleurs que bien connaître les défauts, les bien caractériser c'est presque connaître le moyen de les éviter.

Les défauts qui se produisent dans le verre au cours de sa fabrication résultent de causes très variées, aussi, comprend-on qu'ils soient de nature différente.

Ces défauts qui altèrent la qualité du verre en en diminuant la valeur peuvent par la composition des corps qui les constituent, par leur importance et par leur nombre, causer dans certaines circonstances un trouble grave dans l'économie de toute une fabrication.

Malgré l'expérience que peuvent avoir acquise par une longue pratique les industriels chez lesquels ces accidents viennent à se produire il leur est souvent difficile de se rendre compte d'une façon exacte de la nature et de la composition des corps qui constituent ces défauts et

par suite des causes qui les ont engendrés ; ils se trouvent par suite dans l'impossibilité d'y apporter rapidement un remède efficace.

Ayant été consultés souvent au sujet d'accidents de ce genre s'étant produits dans la fabrication des verres à vitres, des verres à bouteilles, des verres de gobeletterie, nous avons dû chercher les moyens qui nous permettraient de déterminer la nature des défauts qui en sont la conséquence d'une façon certaine ; c'est le résultat de ces recherches et les moyens employés pour y arriver que nous avons l'intention de faire connaître.

Les défauts qui se produisent dans le verre au moment où il est fabriqué et mis en œuvre, sont :

1° Les bouillons, les points, les crachats ;

2° Les pierres et les grains ou granulations.

Les premiers qui proviennent d'un affinage incomplet de la matière vitreuse après sa fusion, ou d'un manque de soin de la part des ouvriers au moment du cueillage ou pendant le moulage, en emprisonnant dans la masse du verre des corps ou poussières organiques sont faciles à reconnaître ; il suffit en effet le plus souvent d'une inspection attentive à l'œil nu ou au besoin avec la loupe pour être fixé sur leur nature.

Les seconds, de composition très variable, tout en se ressemblant beaucoup, peuvent être causés ou par un mélange imparfait des matières premières ou par des agglomérations de parties du mélange vitrifiables ayant échappé à la fusion : ce sont les infondus ; ou par des portions des parois du creuset ou du bassin qui se sont detachées pendant la fusion, et pour lequelles la température et la durée du séjour dans le four n'ont pas été suffisantes pour en opérer la combinaison : ce sont les grains de pot ou de bassin.

Des portions de la voûte ou de la couronne du four peuvent encore, en se combinant avec la partie alcaline et vaporisable du mélange vitrifiable, donner lieu à la formation d'un verre de nature spéciale plus dur que le verre contenu dans le creuset et qui s'y incorpore sans s'y dissoudre. On donne à ce genre de défauts le nom de larmes ou schlagues.

Enfin les grains ou granulations peuvent provenir du verre lui-même et être amenés par sa composition chimique en même temps que par les conditions de température dans lesquelles il est trouvé aux diverses phases de sa fabrication.

Les verres en effet, à une température inférieure à celle qui a été nécessaire pour en opérer la fusion, cette température étant maintenue

pendant un temps suffisant, peuvent être soumis à une décomposition qui se manifeste par la formation de composés cristallisés qui en altèrent la pureté, la limpidité et la résistance.

Cette décomposition commence toujours par la formation de cristaux microscopiques qu'on ne découvre souvent que quand l'objet est terminé.

Dans tous les cas, la ténuité des grains dont il s'agit de déterminer la nature en rend la recherche très délicate : l'analyse chimique est, en effet, impuissante par suite de la difficulté qu'on éprouve à les séparer de la masse vitreuse qui les entoure ; quand ils sont nombreux, ces grains ou cristaux agglomérés les uns avec les autres, semblent tellement prédominants dans une masse limitée de verre, que l'analyse de cette portion cristalline paraît devoir en donner au moins approximativement la composition ; mais, généralement, la matière vitreuse qui leur est intimement associée est tellement abondante que leur composition se trouve masquée par celle du verre qui leur sert de ciment.

Ils sont d'ailleurs trop petits pour être extraits par une opération mécanique ; leur poids spécifique est peu différent de celui du verre ambiant, ce qui exclut l'emploi des liqueurs denses telles que l'iodo-mercurate de potasse ou le tungsto-borate de baryum ou de calcium ou enfin de l'iodure de méthylène dont M. Fouqué, le savant professeur du Collège de France, a imaginé l'emploi et a été le premier à se servir pour l'étude des roches cristallisées.

Ils ne sont pas attirables à l'aimant, et l'acide fluorhydrique les attaque en même temps que le verre lui-même. Bref, tous les moyens usités ordinairement dans l'étude des roches échouent pour la séparation des corps étrangers ou des cristaux incorporés dans les verres, et le seul moyen d'investigation qui puisse être employé dans ce cas est le microscope.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont décrit dans leur ouvrage *Minéralogie micrographique* justement réputé et dont l'éloge n'est plus à faire, les méthodes et les moyens basés en grande partie sur l'emploi du microscope et appliqués à l'étude des principaux minéraux et roches éruptives de la France ; ce sont ces procédés que nous avons cherché à utiliser.

L'examen des matières à étudier se fait sur des lames minces d'une épaisseur de $\frac{3}{100}$ de millimètre taillées dans la masse vitreuse qui les englobe ; ces lames minces sont collées au moyen de baume de Canada sur une lame de verre et posées sur le porte-objet du microscope.

Ce mode d'examen, employé pour la première fois par M. Sorby, minéralogiste anglais, et successivement par M. de Zirkel, de Heidelberg, et par M Rosenbach, de Leipzig, a été perfectionné encore par MM. Fouqué et Michel Levy.

Pour déterminer la nature des cristaux, on emploie plusieurs moyens d'investigation venant se compléter les uns les autres.

Grâce à la perfection des appareils dont on dispose, on peut facilement et rapidement les examiner en lumière naturelle, puis en lumière polarisée entre deux nicols en spath d'Islande croisés, ces rayons de lumière étant parallèles.

La détermination des axes optiques est complétée par celle des angles d'extinction des cristaux, en les observant en lumière polarisée et en rayons convergents successivement dans des préparations faites en coupe longitudinale et en coupe transversale.

De l'examen auquel nous nous sommes livrés, il résulte que le corps que l'on rencontre le plus fréquemment est le quartz; c'est un corps cristallisé dont la détermination se fait facilement ; on constate très aisément qu'on a affaire à un minéral, à un axe positif et, en outre, la biréfringence peut être mesurée avec facilité

Il se rencontre dans les parties infondues et provient comme je l'ai dit plus haut, d'un mélange imparfait des matières vitrifiables ou d'une sorte de liquation produite au moment de la fusion du verre dans un vaisseau chauffé à trop basse température.

Quand il provient de la séparation d'un fragment du bassin ou de la voûte, il se trouve enrobé dans une matière amorphe, grisâtre, diffusant fortement la lumière et se distinguant surtout au microscope en lumière réfléchie ; cette matière n'est autre qu'un silicate d'alumine déshydraté non dissous dans la masse vitreuse (1).

Il peut se faire que, si l'argile vient à se dissoudre, il se forme un feldspath cristallisé analogue à celui dont la nature nous offre des spécimens.

La présence du quartz dans ces deux cas donne beaucoup de ressemblance à ces défauts et c'est à la présence simultanée de la matière amorphe grisâtre provenant de l'argile et au développement du feldspath qu'il est possible d'en déterminer la cause.

Toutefois, le silice libre à l'état de quartz n'est pas un accompagne-

(1) Nous prions le lecteur de se reporter pour ce qui suit à notre travail : *Les défauts du verre*, publié dans le numéro de Mars 1890 des *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils*, par MM. L. Appert et J. Henrivaux.

ment obligé de l'argile et on rencontre quelquefois des pierres qui ne contiennent que du silicate d'alumine déshydraté sur l'origine duquel il n'y a aucun doute à avoir.

Ce cas se rencontre surtout dans les défauts sous forme de grains que l'on trouve dans le cristal ou le demi-cristal, le quartz devant être exclu des terres servant à faire les creusets dans lesquels on les fond ; ceux-ci se perceraient rapidement en effet par suite de l'attaque que ferait l'oxyde de plomb qui entre dans la composition.

La présence du quartz à l'état de grains non dissous dans le verre amène d'une façon infaillible la fêlure d'abord et la rupture ultérieure de la pièce dans laquelle il est incorporé.

Quand il est allié à de l'argile ou quand l'argile est seule, la rupture de la pièce est moins certaine, le coefficient de dilatation de l'argile étant sensiblement le même que celui du verre.

Ce dernier défaut est celui qu'on rencontre le plus fréquemment dans les fours à bassins employés presque exclusivement pour la fabrication des verres à vitres et des bouteilles ; il provient de l'attaque des parois à la hauteur de la flottaison.

Si ce sont des corps cristallisés auxquels on a affaire, leur composition chimique dépend essentiellement de celle du verre lui-même.

Quand le verre est entièrement sodique et calcique, c'est de la wollastonite qui se produit.

Quand le verre est magnésien et ferrugineux, c'est un pyroxène magnésien de la formule du diopside qui se forme.

Si le verre contient de l'alumine en même temps que de la potasse, de l'oxyde de fer et de la magnésie, c'est de la mélilite à la variété artificielle de laquelle on donne le nom de Humboldtilite.

Enfin, dans certains cas particuliers plus rares, on voit se développer des cristaux de feldspaths, de la variété connue sous le nom d'oligoclase et de labrador.

Dans tous les cas, surtout en même temps que la humboldtilite, on voit se produire un minéral réfringent et très biréfringent en longues aiguilles prismatiques très étroites dont la détermination minéralogique n'a pu encore être faite rigoureusement.

Parmi les minéraux précités, la wollastonite est celui que l'on rencontre le plus communément dans les verres. C'est un bisilicate de chaux (CaO, SiO^2) appartenant à la famille des pyroxènes ; elle cristallise dans le système monoclinique, les cristaux sont allongés parallèlement à l'orthodiagonale ; dans les verres, elle forme de longues aiguilles pris-

matiques très étroites qui ont quelquefois plusieurs centimètres de longueur, mais dont la largeur dépasse rarement 0,005 m et l'épaisseur 0,001 m ; elle est incolore et transparente, cependant elle se distingue déjà en lumière naturelle au microscope à cause de sa réfringence voisine de 1,63 et très légèrement supérieure à celle du verre ambiant.

Quand on l'observe en lumière polarisée, parallèle, entre les nicols croisés, on constate les faits suivants :

Les sections longitudinales polarisent dans les teintes qui varient du bleu grisâtre au jaune pâle ; toutes s'éteignent rigoureusement en long; le signe d'allongement n'est pas constant, la plupart de ces sections présentent un allongement de signe positif, les autres qui sont en général les moins brillantes ont un allongement de signe négatif.

Les sections transversales sont courtes et très étroites, tout en demeurant encore légèrement allongées.

Entre les nicols croisés, elles se colorent de teintes d'un rose violacé, elles s'éteignent obliquement sous des angles dont nous donnons ci-après la valeur.

Ces propriétés suffisent pour montrer que, comme la wollastonite naturelle, les cristaux en question appartiennent au système monoclinique et que le plan des axes optiques est perpendiculaire à la direction d'allongement.

Les observations en lumière convergente confirment ces données de l'observation en lumière parallèle : on s'assure, en effet, que le plan des axes optiques est parallèle aux sections transversales, que la bissectrice aiguë est assez rapprochée de la normale aux sections longitudinales dont l'allongement est de signe négatif et la bissectrice obtuse peu éloignée de la normale aux sections longitudinales dont l'allongement est de signe positif; dans les deux cas on observe, d'ailleurs, des images symétriques par rapport à la direction d'allongement ; on constate en même temps que la bissectrice est négative et que l'écartement des axes est d'environ de 40 degrés.

Un essai chimique confirme encore la détermination des cristaux en question, comme wollastonite.

En effet, si, après avoir découvert une préparation et l'avoir nettoyée à la benzine, on la laisse séjourner vingt-quatre heures à froid dans l'acide chlorhydrique, on s'assure aisément que les cristaux sont attaqués, tandis que le verre ambiant est inaltéré.

La préparation lavée à l'eau distillée donne un liquide où l'oxalate d'ammoniaque décèle la présence de la chaux, et la préparation elle-

même traitée par une goutte de solution de violet d'aniline se teint dans tous les points où l'attaque a mis en liberté de la silice gélatineuse.

La wollastonite développée dans le verre par un phénomène de dévitrification offre une grande tendance à se disposer sous une forme radiée; les figures 1, 2, 3, 4, 5, qui représentent des sections de dévitrifications à wollastonite vues en lumière polarisée entre les nicols croisés portent toutes l'indication de cette tendance.

Il arrive même que la wollastonite forme dans le verre des sphérolithes dont le volume peut atteindre la grosseur du poing.

Les fig. 1 et 2 (1) représentent : la première, une portion de section radiale ; la seconde, une portion de section tangentielle d'un nodule de 6 cm de diamètre.

La fig. 14 représente, en grandeur naturelle, une masse vitreuse contenant un grand nombre de petits spérolithes de wollastonite.

La wollastonite se montre dans certaines dévitrifications accompagnée d'un pyroxène jaune verdâtre qui, vu en lame mince, est à peine nuancé d'une légère teinte jaune ; il possède toutes les propriétés du diopside des roches naturelles ; la réfringence et la biréfringence sont celles que l'on attribue d'ordinaire au diopside.

Ce pyroxène se présente également sans accompagnement de wollastonite ; dans ce cas, le verre dévitrifié présente généralement une couleur verte plus ou moins foncée et grisâtre.

Les fig. 8 et 10 représentent des dévitrifications dans laquelle le diopside et la wollastonite figurent à peu près en égales proportions.

La mélilite (humboldtilite) se montre soit en groupements irréguliers, soit sous forme de spérolithes, soit en amas cristallitiques. Les fig. 12 et 13 représentent deux types de ces associations de cristallites de humboldtilite. On y voit les éléments formés par ce minéral disposés en rangées alignées dans deux directions à angle droit.

Les sphérolithes sont composés de petits cristaux allongés parallèlement à la base (001) et disposés tangentiellement autour d'un centre.

La fig. 11 donne une idée de l'un de ces groupements vu au microscope en lumière parallèle entre les nicols croisés.

Tous les caractères optiques qui ont été étudiés ne laissent aucun doute sur la détermination du minéral.

(1) Pour toutes ces figures le lecteur voudra bien se reporter à notre travail : *Les défauts du verre*, comme nous l'indiquons en note, page 278.

On peut, du reste, dans la plupart des cas, constater son attaque aux acides et vérifier au moins qualitativement sa composition.

De même que la wollastonite et le diopside, la humboldtilite présente fréquemment de très beaux exemples d'inclusions vitreuses à bulle.

De l'étude dont nous venons de donner le résultat, on peut déduire quelques conséquences utiles au point de vue de la composition des verres et des qualités qu'il est possible de leur donner suivant les usages auxquels ils sont destinés.

Il en ressort en effet que le phénomène de la dévitrification du verre, sur lequel les opinions ont été longtemps partagées, s'explique naturellement par la formation, dans la masse vitreuse colloïde, de silicates cristallisés, simples ou multiples, de composition différente du verre qui leur a donné naissance, et que, de plus, ces silicates, dont la formation est une cause de dépréciation du verre dont ils altèrent la limpidité et la résistance en en augmentant la fragilité, et dont il faut par suite chercher à éviter la formation, se produisent à des températures différentes pour chacun d'eux suivant leur composition chimique, cette température étant, en tout cas, inférieure à celle à laquelle la fusion du mélange et la combinaison des éléments vitrifiables se sont opérées.

La chaux étant la base terreuse la plus employée par suite de son abondance dans la nature, du bon marché auquel elle peut être obtenue à l'état de pureté et des qualités qu'elle donne au verre quand elle est en combinaison avec la potasse ou la soude, il est naturel de chercher à en augmenter la proportion le plus possible ; on est arrêté dans cette voie par le phénomène de la dévitrification et la formation de wollastonite qui se produisent d'autant plus facilement que la proportion de chaux est plus grande, à une température relativement élevée, très voisine de celle requise pour le travail du verre en objets façonnés.

La magnésie est dans le même cas, et son addition à la chaux préexistante ne fait qu'accentuer ce phénomène en donnant lieu à la formation de diopside d'une part, et de wollastonite d'autre part.

Cette observation est conforme à celle de Péligot, qui avait été amené, par l'analyse de cristaux provenant des dévitrifications du verre de Blanzy et par l'étude cristallographique faite par M. des Cloiseaux, à penser que la magnésie même jouait un rôle prépondérant dans ce phénomène. Il n'en est pas de même de l'alumine qui, en venant s'ajouter aux bases précédentes, est susceptible de donner ou des feldspaths ou des cristaux de la famille des mélilites dont la formation est beaucoup plus difficile

Même en opérant aux températures convenables, les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy constatent que la cristallisation du feldspath ne se fait qu'avec une grande lenteur, et quant au mélilite, sa formation implique à la fois la présence dans le verre de la potasse, de l'alumine, de la magnésie et du fer en proportion notable, conditions qui se trouvent bien plus souvent réalisées dans les matières vitreuses des hauts-fourneaux que dans les produits des verreries.

La première raison est, à notre avis, celle de la grande stabilité des verres alumineux qui peuvent être travaillés indéfiniment sans donner de cristallisation, quoique la somme des bases terreuses soit souvent supérieure à la quantité de chaux qui, dans un verre unique, serait suffisante pour amener rapidement la dévitrification.

La présence dans un verre de certaines bases, alumine et potasse, a pour résultat de diminuer la faculté qu'a ce verre de se dévitrifier, puisque les silicates d'alumine et de potasse sont relativement peu fusibles et surtout difficilement cristallisables ; il semble que les verreries devraient s'attacher à produire les verres réalisant ces conditions, d'autant plus qu'il en résulterait pour eux une économie notable d'argent, l'alumine étant un produit d'une valeur infiniment moindre que les alcalis proprement dits, potasse et soude.

En tout cas, l'introduction de l'alumine présente des avantages comme moyen d'empêcher la dévitrification, car les feldspaths et les mélilites, silicates alumineux, sont moins fusibles que les minéraux du groupe des pyroxènes, silicates non alumineux.

Il serait très facile aux verriers de se procurer à bas prix des calcaires argileux d'une composition telle qu'il leur suffirait d'ajouter du sable et un peu de base alcaline pour obtenir des verres stables.

Certains verriers ont pu, par l'emploi de feldspaths naturels de composition convenable, introduire en même temps que l'alumine des bases alcalines potasse et soude indispensables, réalisant ainsi les meilleures conditions de résistance et d'économie.

Si dans les fabrications du verre à bouteilles pour lesquelles les qualités recherchées et exigées sont la solidité et l'inaltérabilité sous l'action des liquides acidulés, on peut employer des matières impures donnant une composition à bases multiples de proportions non constantes, il n'en est plus de même dans la fabrication des verres qui, outre ces qualités primordiales, doivent posséder d'autres qualités, entre autres d'être parfaitement incolores. C'est le cas des verres pour la lunetterie et l'optique.

L'examen que nous venons de faire des produits de la dévitrification du verre ordinaire et du verre à bouteilles nous conduit à quelques considérations théoriques relativement à leur constitution.

Deux théories ont été proposées pour expliquer ces phénomènes ; quelques chimistes, et à leur tête Berzélius, ont émis l'opinion que le verre dévitrifié n'était autre chose que la matière vitreuse avant acquis des propriétés nouvelles par la cristallisation ; cette opinion partagée encore aujourd'hui par un grand nombre de verriers a été soutenue par Pelouze dans un travail sur la cristallisation du verre lu en 1874 à l'Académie des sciences.

« La dévitrification, dit ce savant, consiste en un simple changement physique du verre. »

Il se base pour adopter cette conclusion sur ce fait que de nombreuses analyses ne lui ont montré qu'une différence insignifiante de composition entre le verre primitif et la même matière après dévitrification.

Il admet implicitement qu'un verre quelconque est susceptible de se transformer entièrement en une matière cristallisée.

D'après lui, le fait se passerait notamment pour le silicate de soude et de chaux qui constitue les verres tels qu'on les compose ordinairement et dans lesquels la silice, la soude et la chaux n'entrent pas en proportions définies.

Cette explication en contradiction avec les lois connues de la chimie n'est évidemment justifiée que dans le cas particuliers ; ce sont ceux dans lesquels le verre présente la composition d'un minéral défini ou bien encore d'un mélange de minéraux définis susceptibles de cristalliser.

On connaît de nombreux exemples de faits de ce genre. Ainsi les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy ont montré que l'on pouvait faire cristalliser intégralement les verres ayant la composition de l'oligoclase, du labrador, de l'anorthite, de la néphéline, des pyroxènes, etc.

D'autres expériences plus complexes des mêmes auteurs ont permis d'obtenir à l'état cristallisé des mélanges de plusieurs silicates qu'ils avaient préalablement fondus en un verre limpide et parfaitement homogène, nous citerons comme exemple la reproduction du basalte composé de feldspath, de labrador, d'olivine, d'augite et de fer oxydulé, nous citerons aussi la reproduction de certaines néphélinites composées de néphéline, d'augite, de spinelle, de grenats-mélanite et fer oxydulé.

Dans ces derniers cas, la cristallisation du verre formé avec le mélange chimique employé était complète, mais on comprend très bien que dans

un grand nombre de cas on puisse imaginer des mélanges qui ne soient pas susceptibles de se résoudre en un agrégat de substances cristallisées.

Une seconde théorie, plus rationnelle, a été proposée en 1830, par J.-B. Dumas ; ce savant a considéré la dévitrification comme une cristallisation du verre due à la formation de composés définis infusibles à la température existante au moment de la dévitrification et impliquant, dans la plupart des cas, la formation d'un résidu amorphe correspondant à un mélange chimique dont les éléments, soit combinés, soit isolés, ne sont pas connus à l'état cristallisé.

Il admet que cette infusibilité relative est le résultat, tantôt de la volatilisation alcaline, tantôt d'un simple partage dans les éléments du verre ; les alcalis passent alors, d'après lui, dans la portion qui conserve l'état vitreux.

Pour M. Dumas, les éléments cristallisés ne préexistent pas dans le verre et ne se forment qu'au moment de la dévitrification.

Pour d'autres auteurs, le verre, malgré son homogénéité apparente, contient déjà dans sa masse des composés définis s'en séparant au moment de la cristallisation.

D'après cette opinion, le verre dévitrifié aurait une constitution identique à celle qu'il présente à l'état fondu ; ce serait une sorte de dissolution des éléments cristallisables faite à une haute température dans une matière dissolvante avec conservation de la molécule cristalline au sein du dissolvant.

Benrath a discuté la question de savoir quel était le dissolvant en question et lui a attribué les compositions suivantes :

$$\begin{array}{lll} Na\,O. & Ca\,O. & 6\,Si\,O^2. \\ Ma\,O. & Ca\,O. & 4\,Si\,O^2. \end{array}$$

Mais nous ferons remarquer que, même en admettant l'assimilation du verre aux dissolutions, il serait impossible d'attribuer aux deux silicates précités le rôle que l'on a voulu leur donner ; en effet, dans les cas de cristallisation complète qui ont été cités précédemment, l'agent dissolvant n'a pu présenter cette composition, surtout d'une façon constante ; il a dû présenter des compositions incessamment variées pendant la durée de la cristallisation et, en dernier lieu, être identique au minéral qui a cristallisé postérieurement à tous les autres.

Ainsi donc, il faut écarter l'idée d'un dissolvant unique et commun à tous les verres, en un mot, d'un verre normal.

Un second point très intéressant de la question est celui de savoir dans l'hypothèse précédente, si ce sont véritablement les minéraux cristallisés par l'effet de la dévitrification qui sont en dissolution dans le verre.

La comparaison avec les dissolutions aqueuses tout à fait légitime dans le cas qui nous occupe, ne paraît pas justifier cette manière de voir. On sait, en effet, par des expériences variées, qu'en général les sels en dissolution n'ont pas la composition de ceux que l'on obtient par une cristallisation de la matière dissoute.

Les expériences faites au moyen de la dyalise, l'étude des refroidissements produits par la dissolution des sels, enfin l'examen des substances solubles douées de la polarisation rotatoire justifient parfaitement cette conclusion.

Les études des pétrographes contredisent aussi l'opinion que les éléments définis, compris dans une sorte de dissolution au sein d'un verre homogène, soient identiques à ceux que révèle une cristallisation par dévitrification.

Comme exemple, nous citerons ce fait qu'un verre ferrugineux agit très peu sur l'aiguille aimantée, tandis que si l'on soumet ce verre à un recuit qui amène sa dévitrification, on y fait naître aisément des cristaux microscopiques de fer oxydulé et alors la matière est devenue fortement magnétique.

On peut donc dire que le fer oxydulé ne préexistait pas, mais qu'il a pris naissance par la dévitrification.

Ainsi, tout en admettant que le verre est un mélange de corps à composition définie, dont les molécules plus ou moins complexes offrent des groupements déterminés propres à chacune d'elles, nous pensons que les molécules en question sont différentes, dans la plupart des cas, de celles qui entreront ensuite dans la constitution des cristaux du verre dévitrifié.

Les phénomènes que présente le sucre de canne suivant qu'il est cristallisé ou fondu, c'est-à-dire à l'état de verre ou dissous, vont nous permettre de faire ressortir avec plus de netteté l'interprétation que nous venons d'exprimer au sujet de la composition intime du verre.

Le sucre cristallisé est dépourvu de polarisation rotatoire ; il possède, au contraire, cette propriété, soit quand il est à l'état de sucre d'orge, soit quand il est dissous ; ce fait montre déjà la similitude des verres et des dissolutions ; il montre, en outre, que le réseau moléculaire qui appartient aux cristaux est détruit dans les cas de dévitrification ou de dissolution.

Dans ces deux cas, la molécule élémentaire du sucre reste seule en évidence et sa désignation se trahit par les phénomènes de polarisation rotatoire auxquels il donne naissance.

Cet exemple est très frappant en ce sens qu'il montre bien la différence qui existe entre un verre et une matière cristalline de même composition.

Le verre renferme des molécules complexes ayant une composition et une symétrie propre, mais ces molécules n'offrent aucun groupement régulier ne formant pas de réunion jusqu'au moment où commence le phénomène de dévitrification.

Il nous reste à considérer la question des relations existant entre la composition chimique du verre et celle des cristaux qu'il est susceptible de produire.

J.-B. Dumas, comme nous l'avons vu ci-dessus, avait émis l'idée que les cristaux provenant d'une dévitrification étaient toujours plus acides que le résidu vitreux de cette opération ; dans certains cas particuliers, l'opinion de M. Dumas est justifiée par l'observation.

Des exemples nombreux de dévitrification observés, soit dans des roches naturelles, soit dans des hauts fourneaux, montrent effectivement que dans certains cas, assez nombreux eux-mêmes, il y a production de silice cristallisée sous forme de tridymite.

Les expériences de reproductions artificielles, effectuées à haute température par M. Hautefeuille, lui ont permis d'obtenir, au sortir d'un bain alcalin, non seulement la tridymite, mais encore du quartz cristallisé.

M. Fouqué a obtenu de la silice cristallisée sous forme de tridymite associée à un pyroxène calcique, en dévitrifiant un verre formé de 63 0/0 de silice et 37 0/0 de chaux. Nous avons tout dernièrement observé une formation abondante de lamelles de tridymite dans les fissures de grains de quartz enclavés dans un verre.

Les grains de quartz en question avaient 1/2 à 1 mm de diamètre ; ils avaient en grande partie perdu leur action sur la lumière polarisée ; il se montraient parsemés de nombreuses inclusions, les unes vitreuses, les autres gazeuses.

Ces grains étaient séparés en plusieurs fragments par des fentes irrégulières, larges de quelques centièmes de millimètre et remplies par de la matière vitreuse.

Dans ces interstices, la tridymite se montre en lamelles d'une extrême minceur, souvent hexagonales, implantées normalement sur des fragments quartzeux en présence.

Quand la tridymite se montre sur la tranche, elle agit sur la lumière polarisée et ressemble beaucoup, par sa biréfringence et son signe d'allongement, à de l'albite ou de l'oligoclase..

Dans ce cas, la tridymite n'est pas le résultat d'une simple dévitrification; elle provient de la réaction mutuelle qu'ont exercée l'un sur l'autre le quartz et une matière vitreuse fondue.

La présence du quartz demeuré solide au milieu de la matière en fusion a déterminé la cristallisation de la tridymite aux dépens du verre très siliceux logé dans les fentes du minéral.

Cette influence est d'ailleurs manifestée par la disposition de la tridymite en touffes normales à la surface des fragments quartzeux.

C'est un fait analogue à celui qui s'accomplit dans des cristallisations en grand qui s'opèrent parfois dans les verreries.

On sait, en effet, que si, dans du verre fondu de composition convenable, on projette des fragments de verre à l'état solide, ces fragments servent de point de départ et de centre à une cristallisation.

L'analogie des verres avec les dissolutions devait d'ailleurs faire prévoir ce phénomène.

En somme, la mise en liberté de la silice ne s'obtient artificiellement aux dépens d'un verre que dans certains cas particuliers, la dévitrification des verres ordinaires se fait le plus souvent suivant un mode inverse; les produits principaux qui se séparent à l'état cristallisé sont plus basiques que la partie qui reste à l'état vitreux, quand la cristallisation est opérée.

En effet, ces trois produits sont :

La wollastonite ;

La diopside ;

La mélilite ;

qui ne contiennent guère que 50 0/0 de silice, tandis que le verre, en général en renferme 70 à 74 0/0 ; le résidu est donc encore plus acide et si, souvent, les analystes sont arrivés à des conclusions contraires, c'est que les cristaux prenaient naissance au sein d'un liquide complexe englobant nécessairement une partie décomposée encore liquide, en sorte que leur analyse ne peut pas ordinairement donner la composition des silicates qui se sont séparés par cristallisation.

Du reste, le microscope montre les proportions considérables de verre qui subsistent au milieu des concrétions de dévitrification en apparence les mieux cristallisées.

En résumé, nous nous représentons le verre comme formé d'un ou

plusieurs composés définis dont les molécules sont dépourvues d'arrangement régulier et, par suite, différant entièrement des assemblages en réseaux propres aux substances cristallisées.

D'après les considérations ci-dessus exposées, les composés définis entrant dans la composition des verres seraient constitués par des molécules déjà bien individualisées au point de vue physique et composées par des agrégats atomiques définis au double point de vue de la composition chimique et de l'arrangement moléculaire.

Ces composés peuvent être, dans certains cas, identiques aux corps cristallisés susceptibles de prendre naissance au sein du verre ; mais, dans d'autres cas, ils peuvent offrir une construction différente favorable seulement à la formation de certains corps cristallisés.

La tendance à la cristallisation est d'autant plus marquée que la composition du verre se rapproche davantage de celle d'une espèce ou d'un mélange de plusieurs espèces cristallines connues.

HUITIÈME PARTIE

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

CHAPITRE PREMIER

LA PIERRE DE VERRE GARCHEY

Nous nous trouvons ici en présence d'une industrie toute nouvelle, d'application essentiellement utilitaire, où des milliers d'ouvriers trouveront à s'occuper et qui nous a paru, par suite, mériter un chapitre spécial.

M. Garchey, au moyen d'appareils nouveaux et de procédés qu'il serait trop long d'exposer ici, est parvenu à réunir par fusion, par dévitrification et par pression, des fragments de verres à bouteilles qui, le produit obtenu, ressemblaient à du granit avec des qualités bien supérieures. La rapidité de production est telle que l'emploi industriel de cette pierre s'imposera pour le pavage et le dallage de toutes les usines où doivent se manipuler des liquides corrosifs, pour les revêtements hygiéniques des habitations, pour isolateurs électriques, revêtements d'architecture, etc., pour le pavage des rues, des trottoirs, les caniveaux, les marches d'escaliers, etc.

Cette industrie nouvelle est maintenant en pleine activité et déjà plusieurs usines sont installées ou en voie d'installation.

Des expériences faites au laboratoire des Ponts et Chaussées ont démontré que la pierre de verre Garchey, pour la résistance à la gelée, à l'usure, au choc, à l'arrachement, et à l'électricité, est de beaucoup supérieure aux pierres les plus dures, au granit même; il n'est pas téméraire de prédire que cet intéressant produit sera appelé à des applications de plus en plus nombreuses. Cette invention est assez importante pour motiver un chapitre spécial.

La pierre de verre.

La construction moderne qui doit répondre à des exigences multiples, doit profiter d'une nouvelle conquête de la science, appliquée à l'art de bâtir.

Ce « matériau » nouveau, loin de prétendre remplacer le verre, la céramique, la pierre, le ciment, etc., a l'ambition de s'adjoindre à ces divers corps et, en augmentant les ressources de l'architecte, de coopérer à l'assainissement, à l'embellissement de nos demeures.

L'invention de M. Garchey repose sur la dévitrification du verre.

La dévitrification du verre a depuis longtemps fait l'objet des recherches des savants. Réaumur, J.-B. Dumas, Pelouze, d'Arcet, pour n'en citer que quelques-uns, ont même tenté de transformer leurs laboratoires en usines et de dévitrifier le verre industriellement.

Tous les verres sont susceptibles de perdre leur transparence et de se transformer en une substance semblable à la porcelaine, lorsqu'on les fait passer d'une façon très lente de l'état liquide à l'état solide, en les refroidissant complètement, ou encore en les réchauffant longuement à une température voisine du point de fusion.

Cette seconde méthode fut employée par Réaumur et ne donna pas de bons résultats industriels.

M. Garchey qui, depuis longtemps, étudiait le moyen d'appliquer le verre à la décoration architecturale, après bien des recherches, est arrivé le premier à dévitrifier le verre, et à le façonner.

C'est en 1896 que M. Garchey prenait ses premiers brevets et désignait ce nouveau produit sous le nom de « pierre céramique Garchey » et plus tard sous le nom de « pierre de verre Garchey ».

Cette manière d'opérer a eu pour résultats de supprimer les inconvénients qui firent échouer Réaumur et ses disciples dans leurs tentatives industrielles, et c'est grâce à elle que cette industrie, née d'hier, s'est déjà développée dans des proportions gigantesques, puisque sept grandes usines, avec plus de dix millions de capital, sont en fonctionnement ou en construction : à Lyon (Demi-Lune) (Rhône), Pont-Saint-Esprit (Gard), Creil (Oise), Le Bousquet d'Orb (Verreries de Carmaux), Castelford (Angleterre), Pensig (Silésie), Saint-Sébastien (Espagne), à Bucarest.

Les verres qui se dévitrifient le plus facilement sont ceux qui contiennent en excès des bases terreuses, telles que la chaux, l'alumine et la magnésie ; les verres à vitres et surtout les verres à bouteilles sont

dans ce cas. La matière première est donc presque pour rien, ces verres se trouvant à l'état de déchets en quantités illimitées. La fabrication est des plus intéressantes et, certains points sont entièrement distincts des procédés jusqu'ici employés en verrerie. Après avoir lavé les tessons de bouteilles, on les réduit en fragments en les déversant dans un broyeur ; puis, afin d'obtenir des grains de grosseurs différentes, on les fait passer dans un classeur giratoire.

Les classeurs circulaires communément employés pour séparer les matières en lots de grosseurs diverses, présentent ce grave inconvénient que, seul, un cinquième de la surface travaille. Le classeur giratoire Coxe se compose de classeurs pleins superposés, assemblés dans une caisse et animés d'un mouvement rotatif continu et rapide qui promène la matière sur leur surface, de manière à l'utiliser dans toute son étendue ; il y a ainsi augmentation considérable de la matière travaillée à surface égale et dans un temps donné.

Après le classement des poudres de verre, on les dispose dans un moule en fonte et on les fait séjourner pendant une heure environ dans un four d'échauffement ; l'action de ce premier four est d'échauffer progressivement la matière, de façon que toutes les parties en soient, autant que possible, également dévitrifiées. Les molécules de verre sont alors réduites à un état de division extrême par suite de leur pulvérisation ; elles éprouvent isolément l'action dévitrifiante de la chaleur, et cela très rapidement, puisque chacune d'elles subit le phénomène séparément. En même temps, elles se ramollissent et forment bientôt une matière pâteuse très consistante.

On introduit les moules dans un four porté à 1 300°, dans lequel on ne les laisse séjourner que quelques minutes.

C'est alors qu'on passe le moule sous la presse hydraulique, où la matrice a été préalablement fixée. Un tour de roue, et la pesante masse de fonte s'abat ; armée de couteaux latéraux, elle découpe la matière en même temps qu'elle la modèle. Cette opération d'estampage a, en outre, pour propriété, de refroidir la pièce fabriquée et de lui donner assez de consistance pour qu'aucune déformation ne soit à redouter par la suite.

Enfin, on fait à nouveau séjourner les moules dans un four de refroidissement. Après quoi, on n'a plus qu'à retirer la pièce de son enveloppe de fonte.

L'aspect du nouveau produit varie extrêmement. Suivant que le grain est plus ou moins fin, la pierre céramique ressemble à telle ou telle

pierre, blanche comme celle d'Angoulême, bleue comme celle de Lausanne ; imitant la pierre de taille, le ciment et même le marbre.

Une remarque intéressante : la provenance des bouteilles influe aussi considérablement sur le produit obtenu ; c'est ainsi que les bouteilles d'eau de Vichy ne donnent pas la même pierre céramique que celles d'eau de Saint-Galmier, ou d'Evian : la « bordelaise », la « chartreuse », la « champagne », la bouteille de vin du Rhin, etc., se muent en belles pierres, ayant leur caractère propre.

La pierre céramique possède les plus remarquables qualités hygiéniques et offre des garanties de solidité et de durée que le marbre seul pourrait peut-être lui disputer.

Elle est, en effet, absolument inaltérable aux intempéries et à l'action des acides, l'eau ne la pénètre pas, et, à tous ces points de vue, son emploi sera particulièrement précieux dans les hôpitaux et dans les salles d'opérations, puisqu'elle peut supporter les lavages antiseptiques les plus répétés sans en être altérée. De plus, le verre étant mauvais conducteur de la chaleur et du froid, les habitations revêtues extérieurement de pierres céramiques seront chaudes en hiver et fraîches en été. Néanmoins, comme on ne peut actuellement obtenir ces plaques de « pierre de verre » d'une certaine étendue présentant une planimétrie parfaite, il sera préférable d'employer, à l'intérieur des habitations, des verres coulés, des verres opaques, de l'opaline, par exemple, soit uniformément blanche, soit émaillée avec des décorations multicolores ; cela en grandes surfaces, de façon à éviter le plus possible ou à diminuer la quantité des joints, points d'accrochements des microbes, si justement redoutés aujourd'hui.

La pierre de verre sera employée principalement à l'extérieur, aussi à l'intérieur, pour les soubassements, rampes d'escaliers, plinthes, linteaux, etc., placée légèrement en relief, avec des teintes un peu plus foncées que celles des parois formées d'opaline simple ou décorée.

Ces habitations se composeront d'une carcasse ou ossature métallique, permettant d'obtenir une paroi externe, et une paroi interne. Dans l'intervalle des deux parois, un espace libre utilisé pour toutes les canalisations, de verre autant que possible.

Puis, dans cet espace, circulation d'air chaud en hiver, d'air comprimé, en été, mais s'y détendant de façon à obtenir à l'intérieur, une température à peu près constante en toutes saisons. L'ossature serait noyée à l'extérieur dans le ciment, dans lequel seraient scellés, verres,

pierre céramique, etc., maison hygiénique, par conséquent à tous les points de vue.

Le nouveau produit est surtout destiné à être utilisé comme revêtement. Sa face interne est rugueuse, ce qui rend le scellement et plus facile et plus solide; au point qu'armé d'un lourd marteau de maçon, on tentera vainement de le fendre; la pierre de verre portera l'érosion du coup, mais aucune fissure ne se produira; il serait imprudent de faire le même essai sur des pierres de taille, alors que, le plus souvent, la gelée suffit à les fendiller. D'ailleurs, la pierre de verre est tellement dure, que, pour la travailler, pour y percer le moindre trou, il faut employer des instruments trempés au mercure.

Les tessons de bouteilles et les débris de verre ne seront jamais d'un prix très élevé ; d'ailleurs il est possible de fabriquer un verre à bouteilles commun à très bas prix, et c'est ce que pratique déjà l'usine de Creil; aussi, la pierre de verre se vend en conséquence de 8 à 10 francs le mètre superficiel, et même moins. Ce prix minime, lorsqu'on le compare à celui du ciment ou de la pierre de taille, sans moulure ni sculpture, devient tout à fait surprenant lorsqu'il s'agit de pierres moulurées ou sculptées. On sait combien la sculpture sur pierre est onéreuse ; le procédé de fabrication du produit permet d'obtenir à bon compte des pierres moulurées et sculptées.

Ainsi donc, inaltérabilité de la pierre de verre, variété infinie des types, tant au point de vue du grain qu'à celui de la couleur, avantages de la fusion obtenus avec un produit similaire de la pierre, bon marché extrême, telles sont les principales qualités de la matière mise désormais à la disposition des architectes, et qui va leur permettre d'obtenir de nouveaux et artistiques motifs de décoration.

Pour donner à ce produit une consécration officielle, des échantillons de « pierre de verre » ont été soumis à l'examen, à divers essais au laboratoire de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, et il résulte de ces expériences officielles :

1° Qu'à l'écrasement, la pierre de verre résiste à 2 023 kg. par centimètre carré, tandis que les matériaux les plus durs employés dans les constructions tels que le granit, ne résistent qu'à 650 kg.

2° Que pour la gelée, la pierre de verre a subi, à différentes reprises, l'action de mélanges humides et réfrigérants de 20° de froid sans altération, puisque, tout au contraire, elle a résisté après ces expériences, à une pression de 2 028 kg. par centimètre carré :

3° Que sa résistance à l'usure, manifestée par le frottement d'une

meule à grande vitesse, classe la pierre de verre immédiatement avant le porphyre de Saint-Raphaël, et pour prendre un point de comparaison bien connu parmi les pierres de taille les plus dures, à un rang très supérieur à la pierre de Comblanchien, avec une différence de près du double ;

4° Qu'au choc déterminé par la chute d'un mouton d'une hauteur d'un mètre et pesant 4kg,200, il a fallu 22 coups en moyenne pour obtenir la rupture et trois coups en moyenne pour la première fissure, tandis que les pavés de laitier de haut fourneau et le quartzite du Roule — matériaux les plus employés en pavage et les meilleurs pour cet usage — ne résistent qu'à dix-neuf coups dans les mêmes essais ;

5° Qu'à l'arrachement, l'effort par centimètre carré d'adhérence a été, pour obtenir un décollement, de 15kg,3, de telle sorte que la plaque céramique la plus courante, de 50/33, nécessiterait une force de 25000 kg. pour être arrachée.

Les documents officiels reproduits plus haut démontrent donc, qu'à tous les points de vue la pierre céramique dépasse, par l'ensemble de ses qualités, tous les matériaux de construction connus, d'autant plus qu'elle est en outre très mauvaise conductrice de la chaleur, ce qui dispense de l'épaisseur ordinaire jusqu'à ce jour indispensable aux maçonneries. Nous rappelons enfin qu'au point de vue de la décoration aucune pierre ne peut rivaliser avec elle, tant comme aspect que comme prix de revient.

Une autre particularité, qui indique bien la dureté de la pierre céramique, c'est qu'elle fait feu au briquet, comme le silex. Aucun autre verre ne se trouve dans ces conditions.

Le journal *l'Architecture*, organe de la Société centrale des architectes français, a publié, en juillet 1898, le rapport officiel sur la « pierre de verre ». Ce rapport se termine ainsi :

« En considération de l'intérêt que présente ce nouveau produit, les membres de la deuxième section doivent le signaler à l'attention de leurs confrères. »

Après toutes les applications possibles au point de vue de l'architecture, le verre, grâce aux procédés de M. Garchey, va s'appliquer aux pavages de chaussées se substituant au gré à l'asphalte et au pavage en bois.

De grandes villes comme Marseille, Bordeaux, Le Havre, Bruxelles, Genève et même Paris, en font l'utilisation sur une grande échelle, il est

également question de l'employer à Londres, Vienne, Berlin, Buda-Pesth, Milan, etc.

Si, comme nous le pensons, ce nouveau mode de pavage en pierre de verre ne donne pas de mécomptes, on peut dire que son emploi sera sans limites et qu'enfin on aura trouvé *le pavage idéal*.

L'hygiène y trouvera son compte, car les chaussées pourront se désinfecter comme de simples cuvettes en porcelaine, au besoin même avec les acides les plus violents.

Nous croyons utile à nos lecteurs de donner l'opinion sur cette question, d'un de nos plus éminents architectes, M. Stanislas Ferrand, député de la Seine et directeur du journal *Le Bâtiment*. Cette opinion a été émise en août dernier par M. Stanislas Ferrand, dans son journal *Le Bâtiment* :

Le pavage idéal

Il y a quelque temps, j'arpentais les rues de Londres et je jalousais, en mon for intérieur, le profil impeccable de leurs chaussées et leur bon entretien.

J'en étais là de ma contrariété patriotique lorsque je me croisai, face à face, devinez avec qui ?

Justement avec le chef suprême de notre viabilité parisienne, l'éminent Inspecteur général des ponts, M. Boreux !

— Ah, ah, lui dis-je, je pensais justement à vous, et par association d'idées à votre service. Je comparais les chaussées de Londres avec celles de Paris.... Viendriez-vous ici prendre une leçon de choses ?

— Jamais de la vie ! Comme voirie, les Anglais n'ont rien à nous apprendre.

— Cependant, regardez donc ces pavages.

— Heu ! les nôtres sont aussi beaux.

— Par exemple ! trouvez-vous beau le pavage de la place de la Trinité, le pavage de la rue Caumartin, le pavage de la rue de Châteaudun ? Je ne parle que des rues que je parcours tous les jours.

— Oui, dans ces rues, j'en conviens, le pavage en bois laisse à désirer.

— Dites plutôt qu'il est atroce, plein de trous et de bosses ; que, pendant et après la pluie, il ressemble à un archipel de boue dont les bosses seraient les îles...

— Que voulez-vous, les crédits me manquent.

— Ce qui vous manque plutôt, je crois, c'est un bon système de pavage.

— Vous avez raison ; mais où le trouver ?

J'avoue que je ne sus rien répondre à ce coup droit. Oui, où le trouver ce pavage idéal ?

M. Alphand avait cru le rencontrer dans l'asphalte ; plus tard, dans le pavage en bois. A la vérité, ce dernier s'est offert à nos yeux sous des aspects fort séduisants.

Il était régulier, il formait des profils parfaits, il était sourd et les voitures roulaient sur lui avec un cachet inédit d'élégance et de légèreté.

Pendant des années, le pavage en bois tint ses promesses.

Mais, depuis, que lui est-il donc advenu ?

Depuis, il s'est tuméfié, écrasé, bossué, pourri ; depuis, il est devenu le foyer où des milliards de microbes naissent, vivent et peut-être nous font mourir.

Son élégante surface de jadis est devenue lépreuse, glissante, puante. Et si le congrès de la tuberculose avait porté ses études sur les dangers du pavage en bois, au point de vue de la santé publique, je crois bien qu'il aurait été sévèrement condamné.

Mais, alors, par quel système le remplacer ? Et quel ingénieur, quel chimiste, quel hygiéniste, quel inventeur, quel homme génial en donnera la formule ?

Le pavage idéal des grandes cités, c'est le pavage en une matière qui ne s'use guère, qui ne serait pas sonore, qui ne se polirait pas, qui ne se décomposerait pas, qui ne se pourrirait pas, qui ne deviendrait pas un réceptacle abominable des poisons de l'atmosphère...

A l'Exposition de 1900, je m'étais arrêté devant un produit nouveau dénommé la *Pierre de verre Garchey*.

Pierre de verre ? ces mots m'intriguaient fort. On pouvait donc, avec du verre, fabriquer de la pierre ? Mais alors elle serait cassante, translucide, glissante et horriblement chère ?

En faisant revivre dans ma pensée les souvenirs un peu lointains des théories de la fabrication du verre, j'arrivais à conclure que si, avec ses éléments constitutifs, c'est-à-dire avec la silice, corps opaque : avec de la soude, corps opaque ; avec de la chaux, corps opaque, on arrivait à fabriquer un produit translucide, c'était en vertu de phénomènes encore mystérieux, mais qui pouvaient fort bien ne pas être intangibles.

D'ailleurs, ils ne l'étaient pas et je me rappelais que Réaumur — il n'était peut-être pas le premier — avait, en quelque sorte, scientifiqué le moyen de rendre opaque le verre transparent, par le procédé de la dévitrification.

Le nouveau produit, ainsi fabriqué, s'appelait, si j'ai bonne mémoire, du nom de son inventeur : *la porcelaine Réaumur*.

Qu'était devenue l'invention ?

J'avoue que je l'ignorais. Mais, en présence des échantillons variés de la pierre de verre, je me rappelai la théorie de la dévitrification enseignée par ce célèbre physicien, et je questionnai adroitement sur ce point, le gardien de l'exposition Garchey.

A vrai dire, il me donna des renseignements plutôt vagues. Evidemment, il ne connaissait pas les méthodes de fabrication ; ou bien il en conservait jalousement le secret professionnel.

Mal renseigné, je continuai mon chemin. Cependant, ce que je venais de voir m'avait laissé pensif et, envisageant l'avenir dans un lointain mal défini et comme embrouillardé, je me disais :

« Si tout de même on pouvait pratiquement faire de la pierre avec du « verre dévitrifié ! Quelle trouvaille, mes amis ! Et quelle révolution dans « l'industrie des matériaux artificiels ! »

Corps inaltérable, imputrescible, résistant à miracle, le verre dévitrifié pourrait fournir des revêtements, des marches d'escaliers, des encadrements de baies, des dallages.

Il pourrait devenir le pavage merveilleux des grandes cités, le pavage qui ne se déforme pas, qui ne pourrit pas, qui ne se contamine pas et qui, lavé à grande eau, se dépouille brusquement, totalement, de ses mortelles souillures ; enfin, le pavage idéal que j'avais rêvé et que M. Boreux, vainement, cherchait.

Alors, mon cœur de vieil hygiéniste battait un peu plus vite.

Je voyais nos rues propres comme... du verre, leurs poussières entraînées, dans des flots d'eau, vers les égouts ; je pensais à la tuberculose victorieusement combattue et je souriais des bonnes petites recommandations paternelles de M. le préfet de police — recommandations que j'approuve cependant — et qui invitent, poliment, les citoyens à ne plus cracher par terre.

Avec le pavage en verre, me disais-je, la liberté du crachat, dégoûtante en elle-même, sera respectée, sans danger, pour la santé publique.

Et c'est ainsi que, dans mes esprits charmés, je voyais une fois de plus triompher les grands principes de 89 ! Où la politique allait-elle se nicher ?

Et je réfléchissais aussi à l'hygiène privée de nos édifices publics, de nos bâtiments industriels.

Avec le verre dévitrifié, allons-nous avoir le dallage imperméable, imputrescible, inusable des grandes salles où l'humanité se rassemble, des casernes, des prisons, des hôpitaux, des écoles, des ateliers, des usines ?

En descendant l'échelle des applications utilitaires, aurions-nous bientôt le dallage des espaces où l'homme vit en compagnie des animaux : ces revêtements des fermes, des écuries, des porcheries, des étables, que sais-je ?

Toutes ces interrogations me poursuivirent pendant quelques heures.

Et puis, l'immensité des merveilles que l'Exposition nous révélait en estompèrent rapidement la vision.

Je ne pensais plus guère à la pierre de verre lorsque, pour la première fois, en inaugurant, avec des compagnons du devoir parlementaire, le Métropolitain, je foulai avec une surprise agréable les marches de ses stations, construites en pierre de verre Garchey.

Ma vision d'il y a quelques mois avait donc pris forme ? La pierre de verre dévitrifié n'était plus la chimère d'un poète inventeur ? Non. Elle était devenue la formule de Réaumur industriellement réalisée.

Et lorsque, ces jours derniers, je lus dans le *Bulletin Municipal Officiel de la Ville de Paris* que deux de nos rues, la rue de Flandre, je crois, si fréquentée par de lourds véhicules, la rue Tronchet, ou une autre dans le voisinage, allaient être pavées, en partie, avec la pierre de verre, je n'hésitai plus ; je partis pour Creil, où se trouve l'usine qui la

fabrique et, là, faisant connaître mes qualités, je demandai, fort poliment, au directeur, s'il voulait bien me laisser visiter l'établissement et assister à la fabrication de ses produits, encore quelque peu mystérieux pour moi.

Tout d'abord, il n'était guère rassuré ; et avec une réserve bien naturelle, il essaya de me satisfaire en me donnant des explications qui ne m'apprenaient pas grand'chose.

Ce que je voulais, c'était *voir* fabriquer un pavé, du commencement à la fin, du moment où il n'est encore qu'une pelletée de sable, jusqu'à celui, décisif, où il est devenu pavé, le pavé idéal qui m'hypnotisait.

Je voulais *voir* mouler, enfourner, cuire, dévitrifier, comprimer, recuire, refroidir...

Je voulais surprendre les secrets de ces transformations extraordinaires, non point pour les livrer au public, mais seulement pour pénétrer mon âme de technicien qu'en face d'un pavé de verre dévitrifié, j'étais bien en présence d'un fait industriel absolument palpable et démontré.

Il fallut parlementer. Et sans doute je finis par apparaître à M. le directeur comme un brave homme, pas dangereux, et dont la discrétion serait complète, car il voulut bien m'ouvrir, toutes grandes, les portes de l'usine.

J'ai donc vu fabriquer le verre commun, tout d'abord transparent, avec du sable extrait de carrières voisines, mélangé comme tout verre qui se respecte, avec du carbonate de chaux, avec de la soude...

J'ai vu ce verre couler du haut-fourneau à gaz en torrents flamboyants, tomber dans des bassins d'eau froide, s'y briser, repris par des broyeurs, pulvérisé et criblé suivant différentes grosseurs.

Je l'ai vu mouler dans le sable, enfourner, cuire au degré où la dévitrification se produit, passer sous la presse hydraulique, recuire, refroidir lentement, ébarber et devenir enfin le pavé triomphant dont je parlais tout à l'heure.

Et, comme preuve pour moi-même, que je n'avais pas rêvé, j'ai rapporté un de ces pavés inédits qui va me servir de presse-papier.

J'ai parfaitement compris tout ce que j'ai vu. Et, demain, si j'avais des fours, des presses, du sable et quelques millions pour cet usage, je fabriquerais, bel et bien, de la pierre de verre dévitrifié.

Mais que le distingué M. L. Garchey se rassure !

Je ne lui ferai pas concurrence.

D'abord, je n'en ai pas le droit. Ensuite, il fabrique si bien le pavé de mes rêves que ma seule ambition est de pouvoir bientôt marcher dans nos rues, embellies et régénérées, grâce à son pavage idéal, dont M. l'ingénieur en chef Boreux va faire un commencement de réalité.

STANISLAS FERRAND.

Depuis plus de trois ans déjà, ainsi que le témoigne le certificat ci-contre que nous avons eu entre les mains, la ville de Genève fait usage du pavé de Pierre de Verre Garchey. En voici le témoignage :

VILLE DE GENEVE

Genève, le 10 juillet 1900.

VOIRIE
Rue de l'Hôtel-de-Ville.

Le soussigné certifie que les deux passerelles en céramo-cristal installées depuis plus de 2 ans dans la ville de Genève sont en parfait état actuellement et ne sont pas plus glissantes aux pieds des chevaux que tout autre pavage.

Le Conducteur des Ponts et Chaussées,
Chef de la section des travaux,
E. KARCHEY.

Elle a constaté que depuis que le dallage avait été placé, il était intact, et qu'il avait, par conséquent, très bien résisté au roulement des voitures, et qu'enfin il n'était pas plus glissant que les autres pavages.

Voici quelles sont les formes et les dimensions du pavé présenté par M. Garchey aux différentes municipalités qui l'emploient :

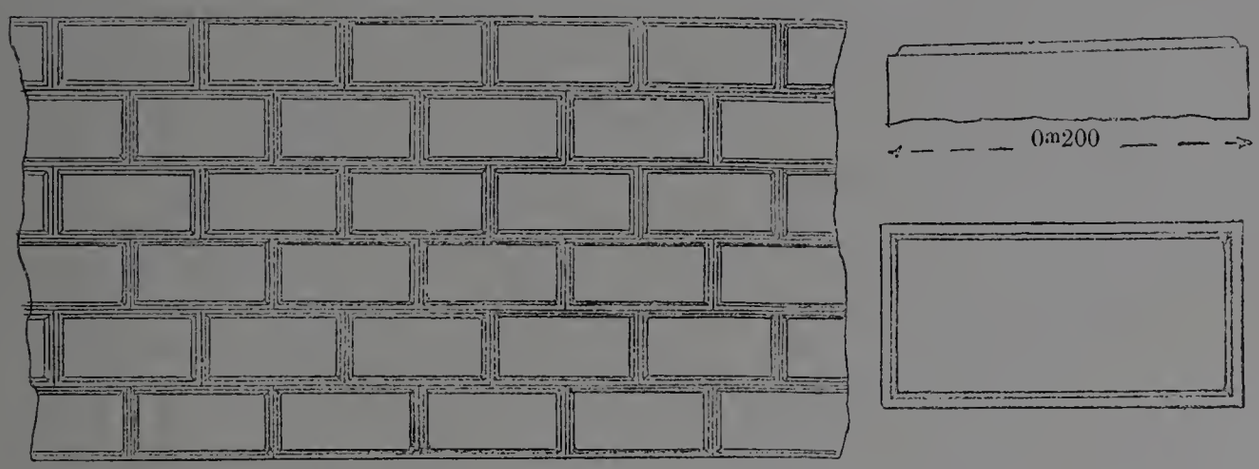


Fig. 135.

Il se pose sur un sous-sol en béton avec un bain de mortier de ciment. Les joints sont coulés en ciment portland liquide.

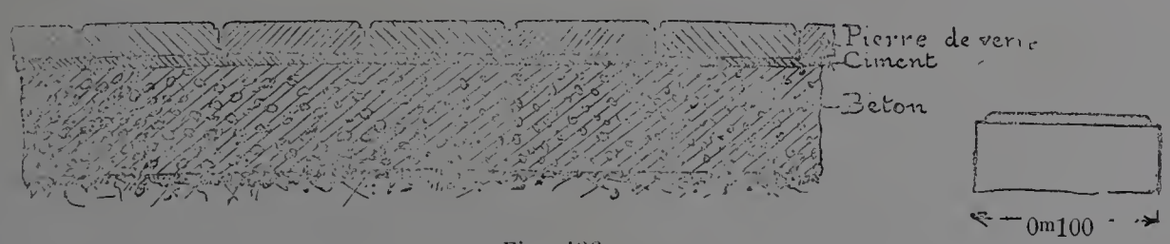


Fig. 136.

Son prix de revient est moins élevé que le pavage en bois, puisqu'à Paris, on peut l'établir à vingt francs le mètre carré tout posé, sous-sol compris. (Le pavé de bois coûte vingt-deux francs).

Nous croyons que M. Garchey, par sa découverte, aura rendu de grands services à l'hygiène publique et à l'industrie du verre.

CHAPITRE II

LA MAISON DU XXe SIÈCLE

En 1889, nous avions demandé à l'architecte Ch. Gauthier une étude sur l'emploi du verre dans la construction, la voici. Depuis nous avons modifié nos idées et il nous paraît utile de résumer ici l'histoire de l'habitation et de montrer les progrès réalisés et ceux à réaliser.

Histoire de l'habitation. — Scaurus, gendre de Sylla, pour fêter son avènement aux fonctions d'édile (il remplit cette charge, en l'an 58 avant Jésus-Christ), fit construire, *pour une durée de quelques jours* un théâtre à trois étages: le premier en marbre, le second *en verre*, le troisième en bois doré; ce théâtre pouvait contenir 80.000 personnes. Il renfermait 360 colonnes en marbre, et aurait coûté, en notre monnaie courante, la somme de 21 millions de francs.

Sans vouloir remonter à l'époque de Scaurus, et sans vanter sa prodigalité inutile, nous pouvons dire que la maison de verre, ou revêtue de verre, est aujourd'hui réalisable et peut servir d'habitation rationnelle.

L'histoire de l'habitation humaine nous montre, à travers les périodes préhistoriques, l'âge de la pierre éclatée, de la pierre taillée, l'âge du bois, l'âge du bronze ou d'airain, celui du fer, et enfin l'âge qui est le nôtre qui les réunit tous, mais qui est plus spécialement le siècle du métal ; nous sommes aujourd'hui sur le seuil de *l'âge du verre*; voilà le véritable qualificatif réservé au XXe siècle, et ce ne sera pas, certes,

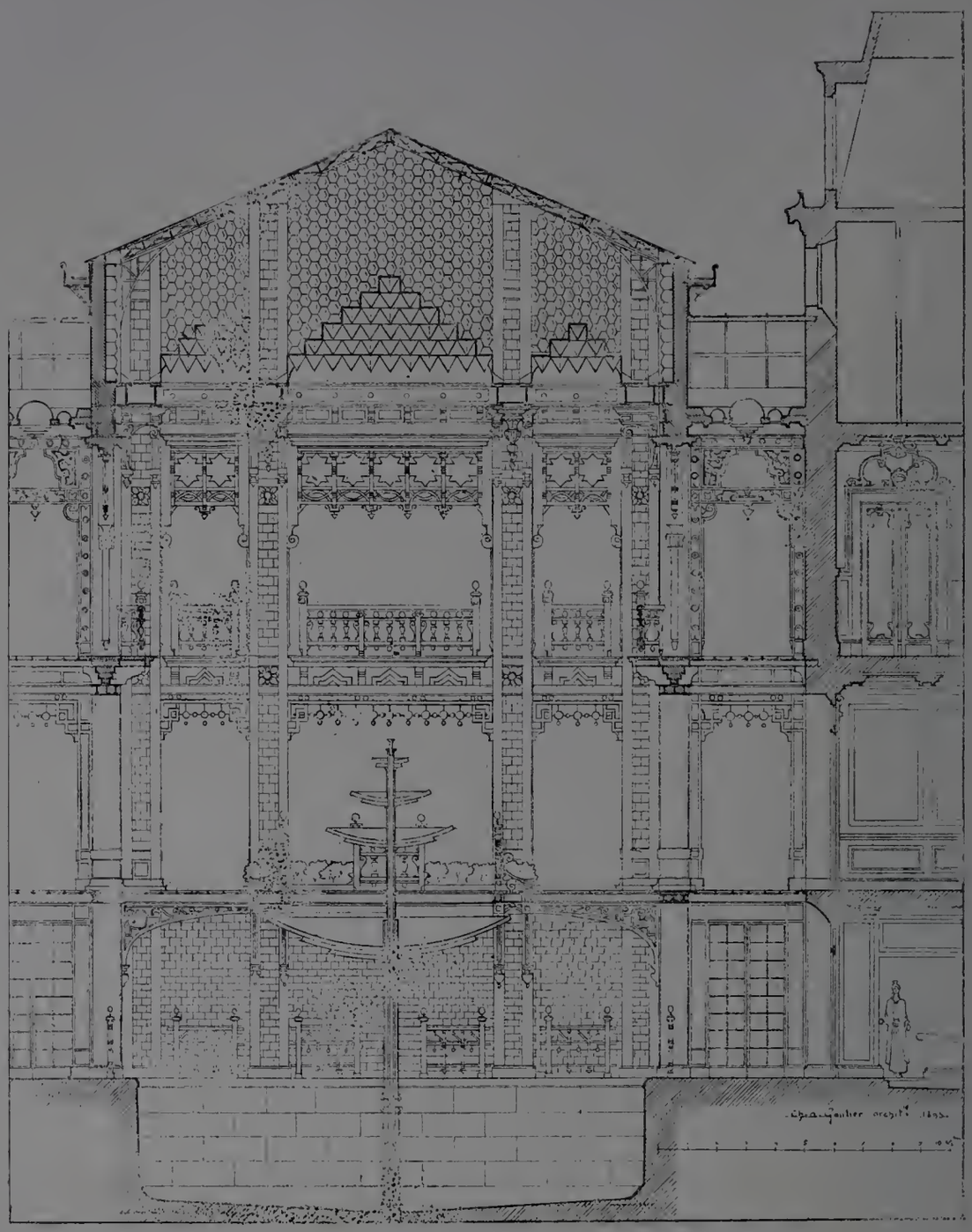


Fig. 137.

Comble. — Parties rampantes, exécutées en fer et en verre. — *Pignons*, exécutés en fer et briques de verre.

Plafonds transparents de la cour, exécutés en verres de couleur et fer avec parties pendantes pouvant éclairer électriquement.

Plafond transparent du portique, exécuté en verres de couleur et menuiserie.

Premier étage. — Cour intérieure et portique : Pans de fer avec remplissage en verre, décoration en verres de couleur et menuiserie ajourée, revêtements en verres de couleur, plancher en fer et verre.

Rez-de-chaussée.—Cour intérieure et portique : Vasques d'épandage avec adduction d'eau par tuyaux en verre. — Pans de fer avec remplissage en verre, décorations en verres de couleur, revêtements en verre, plafonds et planchers en fer et en verre.

Sous-sol. — Piscine avec adduction d'eau par tuyaux de verre. — Vasques d'épandage en verre. — Salle de bain, salon de repos avec revêtements en verre, cloisons mur et plafond en fer et verre.

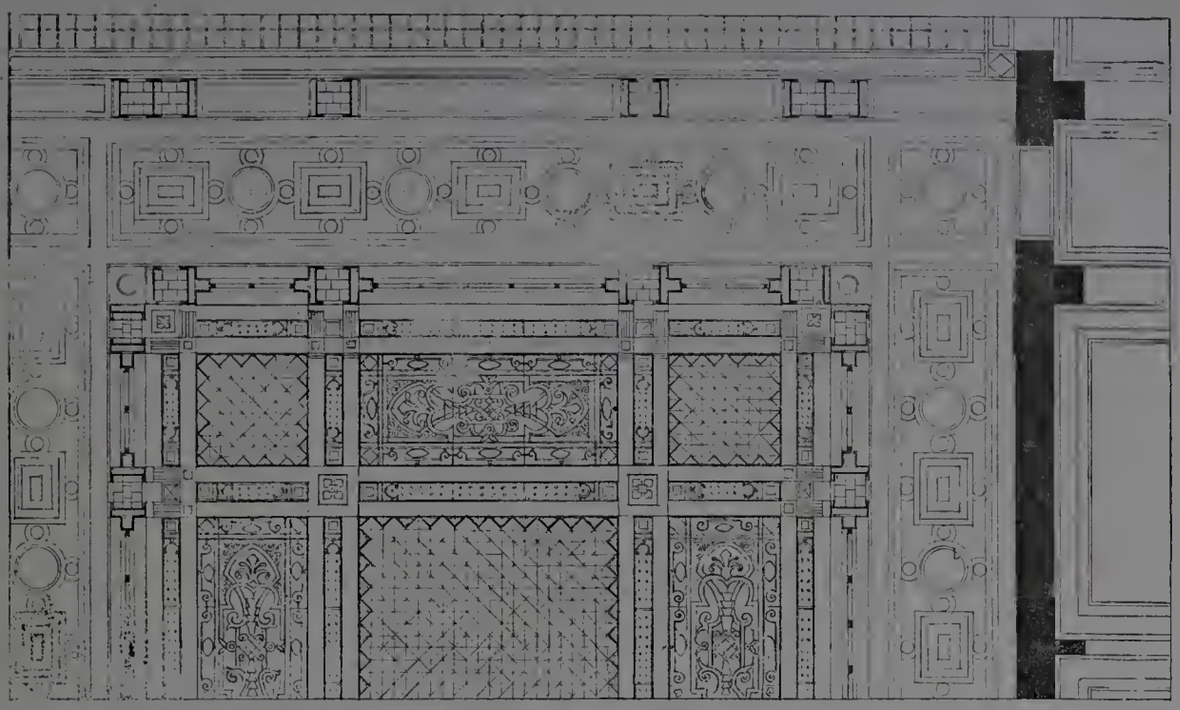


Fig. 138. — Plafonds en fer et verre du portique du premier étage et de la cour.

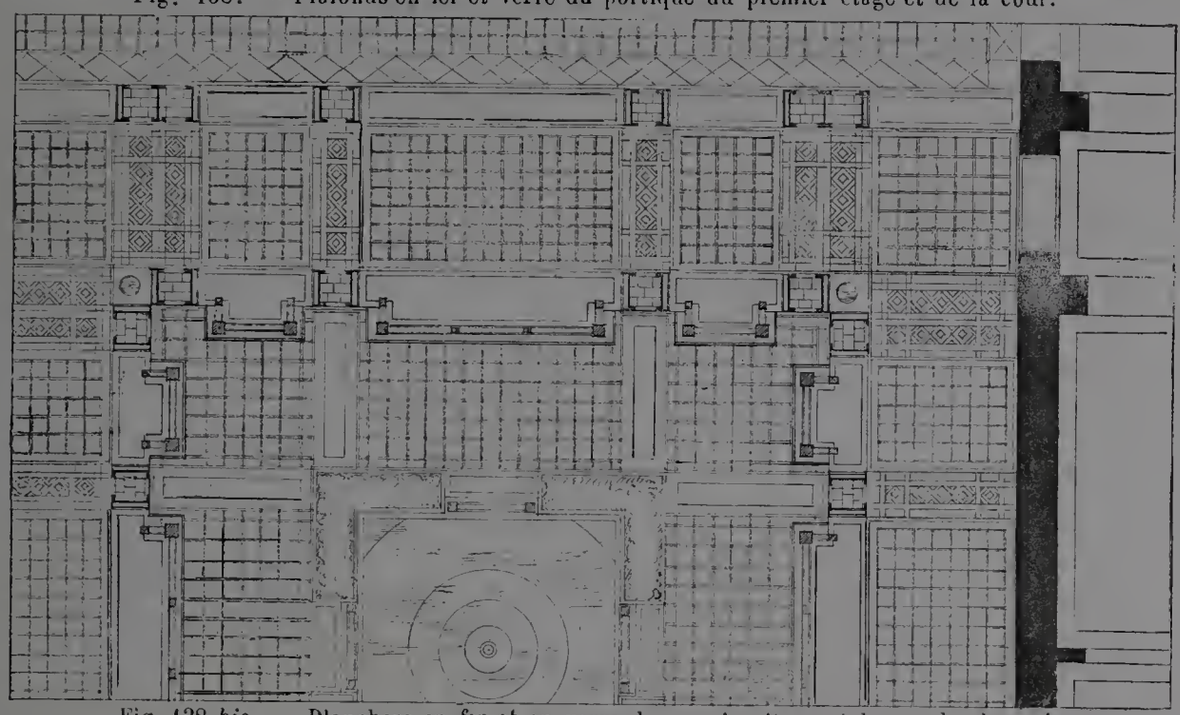


Fig. 138 *bis*. — Planchers en fer et en verre du premier étage et du rez-de-chaussée.

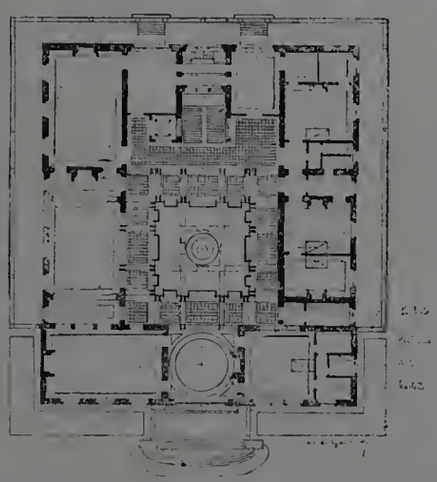


Fig. 139.

Plan du premier étage (réception et habitation).

Fig. 140.

Plan du sous-sol (piscine et bains).

parmi les dénominations qui lui sont réservées, la moins honorable de toutes celles que l'ingéniosité humaine saura lui mériter.

L'histoire de l'habitation humaine est pour ainsi dire celle de la civilisation elle-même.

Son évolution lente à travers les âges marque les étapes du progrès humain.

Aux temps préhistoriques, l'homme, recherchant surtout la sécurité, habite les *cités lacustres*, bâties sur pilotis au milieu des eaux, ou la caverne qu'il peut clore avec des blocs.

Aux origines de la période historique, ce sont les Egyptiens qui, les premiers, ont su édifier des habitations. Ils emploient déjà, outre le bois, la brique cuite, puis la pierre taillée.

Les Phéniciens à leur tour font un pas plus en avant vers l'habitation moderne : ils construisent la maisons à étages.

Les Hébreux, les Juifs les suivent dans cette voie.

Les premiers peuples occidentaux que la tradition ait signalés comme constructeurs sont les Pélasges, qui employaient d'énormes blocs juxtaposés sans ciment, puis les Hellènes et les Etrusques. Les procédés des Hellènes ne différaient pas sensiblement de ceux des Pélasges; comme eux ils employaient le bois à l'état brut et ignoraient l'art de le façonner.

L'architecture des Etrusques fut moins grossière et prépara la voie à l'architecture romaine. Ce peuple eut l'ingénieuse idée d'appliquer la diversité des couleurs à l'ornementation intérieure. Les Etrusques préféraient la pierre à la brique, en raison de la facilité avec laquelle ils se la procuraient. Ils employaient l'enduit d'argile pour la partie décorative plutôt que pour la structure des habitations. Les Etrusques sont les premiers constructeurs de « voûtes » en Europe.

Aussi bien en Europe qu'en Asie, l'art de la construction fut très lent à se développer.

Alors que l'architecture des Hellènes et des Etrusques prospérait déjà, les Gaulois, nos pères, se contentaient encore de demeures primitives, construites en blocs de pierre à peine équarris.

Ce n'est que plus tard qu'ils employèrent la brique et l'argile cuite.

Pendant ce temps, l'art grec se révèle dans toute sa splendeur, depuis le IXe siècle avant l'ère chrétienne jusqu'au IVe.

Ses maisons carrées, aux lignes droites et régulières, dénotent un progrès remarquable.

A l'ornementation intérieure, à la sculpture, s'ajoutent la peinture

murale, la mosaïque, les garnitures d'or, d'argent, d'ivoire et la richesse des tapis! Les architectes et les peintres décorateurs du siècle de Périclès couvrent la Grèce de monuments, qui font encore l'admiration de notre époque.

Les Romains s'inspirèrent, en les perfectionnant, des genres étrusque et grec. Leur architecture conserve le luxe de ses devancières, tout en recherchant la solidité. Ils créèrent un mortier et un ciment inaltérables, et de leurs appareils à briques et à briquettes sont sorties ces maçonneries incomparables qui, tout en permettant l'ornementation extérieure qui est la caractéristique de cette époque, ont traversé les siècles sans se laisser entamer.

L'ornementation extérieure s'obtenait par un placage de stuc ou d'enduit imitant la pierre, ou encore par l'application du marbre ou d'une pierre plus dure que celle employée à la construction du mur lui-même. Ce parement constituait une sorte d'habillage dont les murs entiers étaient revêtus, mais qui avaient l'inconvénient de se détacher des murailles. On a trouvé des plaques énormes de ces revêtements dans les ruines de Rome, de Pompéï et d'Herculanum.

Notre époque s'est inspirée de ces procédés de construction, mais nos placages en ciment ou en plâtre n'ont pas la durée des ciments romains.

La pierre de verre ou *céramo-cristal* vient remédier à ce défaut. Elle offre une puissante ressource aux architectes modernes, pour reconstituer les miracles de l'art romain, non seulement en ce qui concerne l'extérieur, mais encore pour la décoration intérieure.

L'architecture romaine, là surtout, procède de l'art grec. Si Rome a conquis la Grèce par les armes, Athènes a asservi Rome à son génie. Après l'incendie ordonné par Néron, la capitale fut reconstruite entièrement sous l'influence de l'ordre architectural grec. C'est à lui que la maison romaine emprunte son atrium, son tubulinum et son péristyle. Le luxe de l'intérieur atteint son apogée ; la riche décoration des murailles se complète par les colonnades, les peintures, les ornements sculptés ; la richesse des planchers et des plafonds répond à ce merveilleux entassement de beautés artistiques.

De nos jours, le placage ou revêtement de verre, tout en améliorant selon les lois de l'hygiène la plus sévère les conditions de l'habitation humaine, reconstituera les beautés du plafond romain qui laissait la charpente apparente et dont les solives dessinaient des caissons rehaussés par de brillantes couleurs. Les mosaïques en verre remplaceront les mosaïques en marbre ou en pierres diversement coloriées.

L'invasion des Barbares amena la décadence de l'architecture romaine. L'art de la construction ne se releva que sous Charlemagne, pour produire plus tard l'architecture romane qui, elle-même, servit de base à l'architecture du moyen âge si fertile en chefs-d'œuvre.

Dans les constructions colossales de cette époque apparaîtront l'art gothique et le style ogival dont la fusion donnera naissance au style byzantin.

Le château du roi René, en Provence, la maison de la place du Marché, à Reims, l'église Saint-Marc, de Venise, et celle de Sainte-Sophie à Constantinople, sont des spécimens des différents styles qui ont présidé successivement à la construction des monuments du moyen âge, avant d'arriver à la période de la Renaissance.

L'avènement de la Renaissance dans l'art architectural fut provoqué par la chute de Constantinople.

Les artistes et savants byzantins, fuyant la domination ottomane, émigrèrent en Italie et notamment à Venise. Ils imprimèrent aux arts de ce pays un vif cachet d'originalité qui se répandit ensuite dans l'Europe entière et atteignit toute sa splendeur au commencement du XVIe siècle.

Aux siècles suivants, l'habitation perd son caractère artistique. Cette sorte de décadence commence sous Henri IV et s'achève sous Louis XIV. Les constructions ne sont plus des morceaux d'architecture classique; elles deviennent la maison moderne à l'aspect banal, ou la pierre se marie à la brique et que recouvre l'ardoise.

Une transformation marquée s'opère également dans la décoration intérieure qui conserve son luxe tout en changeant de style. Le bois est utilisé avec une grande richesse sous Henri II, Louis XIV, et Louis XV. Le parquet remplace le marbre et la brique. La cheminée monumentale se rapetisse et devient le petit foyer moderne. Les tapisseries se substituent aux peintures murales et cèdent la place à leur tour au papier peint importé par les Chinois. La maison n'est plus faite pour l'art, elle est aménagée pour le confortable de celui qui l'habite. Si l'art y perd, l'hygiène y gagne et nous ne pouvons que nous en féliciter, au point de vue du bien-être.

Il est entendu que l'esthétique extérieure a été sacrifiée à notre époque, mais il faut reconnaître que de grandes innovations ont été réalisées par l'architecture moderne. Les maisons sont d'un caractère uniformément banal, mais elle a su utiliser dans leur construction :

l'acier, le fer, le plomb, le zinc, l'étain, qui assurent la solidité dans l'élégance et offrent toute sécurité contre l'incendie.

Après les métaux, il restait à trouver le mode d'emploi d'un élément nouveau, *le verre*, que l'industrie produit à prix abordable et dont les qualités diverses, soit comme transparence, coloration ou résistance, offrent des ressources à peu près infinies.

Je me souviens d'une lettre, adressée le 23 janvier 1876, par M. le marquis de Chennevières, alors directeur des Beaux-Arts, au peintre Paul Baudry, dont les tableaux ornent le foyer de l'Opéra et sont exposés à être détériorés par « l'enfumement des lumières ».

Dans ce document, M. de Chennevières, recherchant un local digne des toiles de cet éminent artiste, redoute pour elles « les rez-de-chaussée si humides » de nos grands monuments et exprime à P. Baudry la crainte qu'il éprouve de voir « condamnées à périr par l'humidité » les œuvres soustraites à un autre péril.

Cette sage prévoyance montre que même les hommes compétents ont des appréhensions au sujet de nos monuments, bien qu'ils aient été étudiés avec plus de soin que la plupart des habitations particulières. Ces appréhensions n'auraient pas de raison d'être, si l'on avait réuni les matériaux au moyen de matières hydrauliques, au lieu d'employer le plâtre qui s'hydrate facilement, ou bien si, renonçant au mode ancien de construction par monolithes, on adoptait les constructions à doubles parois, c'est-à-dire avec un vide utilisé pour le chauffage, l'éclairage, et le logement d'objets propres à l'habitation.

De nombreux exemples démontrent l'influence funeste de l'humidité non seulement sur les objets d'art et d'ornement, mais encore sur la santé publique.

Considérons un homme habitant une maison humide et ignorant les règles de l'hygiène :

Son visage ne tarde pas à pâlir, ses digestions s'altèrent, ses forces languissent ; ne soupçonnant pas l'origine du mal qui l'accable, il ne peut s'y soustraire, et finit par succomber. Il évitera cette terminaison fatale, soit en abandonnant son habitation insalubre, soit en l'assainissant.

Il est établi que l'humidité froide est moins nuisible à la santé que l'humidité chaude ; il ne faut donc pas chercher une remède efficace dans le chauffage des pièces humides. L'air froid et humide cause une impression désagréable à la surface de la peau ; la respiration est gênée l'appétit diminue, les digestions languissent. L'intelligence elle-même

est frappée. Sous l'influence de l'humidité froide, la constitution tend à s'amollir; la peau prend une teinte blafarde; les membres s'arrondissent et les membranes qui tapissent le nez, la bouche, les conduits aériens, sécrètent une plus grande quantité de mucosités: de là, une disposition à contracter les rhumes et les maladies de nature catarrhale.

La conclusion facile, c'est que les habitations humides doivent être complètement abandonnées et qu'il faut tout faire pour s'en préserver.

II

Une des règles de l'hygiène de l'habitation veut que l'on multiplie les ouvertures, qu'on augmente les sections de ces ouvertures, et la hauteur sous les plafonds, mais cela ne suffit pas, il faut aussi porter son attention sur le choix des matériaux, des mortiers, des enduits.

Pour préserver les constructions anciennes de l'humidité, on s'est généralement borné à appliquer un enduit extérieur au mortier de chaux hydraulique ou de ciment, sur la façade exposée aux vents de pluie et sur le soubassement des autres côtés. Dans quelques cas particuliers, on a recouvert la même façade d'une couche de peinture d'une préparation spéciale. Mais l'humidité du sous-sol continue à pénétrer dans les murs, le drainage du sol est même insuffisant. En résumé, il existe plusieurs moyens d'assainir une habitation ancienne et défectueuse au point de vue de l'hygiène:

Enduit hydraulique à l'intérieur;

Enduit hydraulique à l'extérieur et à l'intérieur:

Maçonnerie hydraulique intérieure de $0^m,06$ ou de $0^m,11$ d'épaisseur isolée des murs existants;

Reprise des soubassements en sous-œuvre, en faisant usage de matières hydrauliques.

La fortune publique s'est considérablement accrue depuis le commencement du siècle; grâce aux progrès agricoles et industriels, cette fortune s'est répartie et l'aisance est maintenant plus générale, mieux entendue qu'elle ne l'était au siècle dernier.

La durée moyenne de la vie humaine est passée de trente-trois à quarante-deux ans, et cela malgré les guerres qui ont enlevé tant d'hommes jeunes et robustes. Parmi les progrès à accomplir de nos jours, la construction et l'hygiène de l'habitation doivent être maintenant placées en première ligne.

Un chef de famille doit avoir à cœur de prolonger le plus possible son existence, celle des siens après les avoir élevés dans les meilleures conditions possibles.

On nous objectera que l'hygiène de l'habitation n'est pas la seule hygiène à observer, nous n'y contredirons certes pas.

Nous nous rappelons ce tercet, inscrit par Victor Hugo sur les murs de « Hauteville-House » :

Lever à six, dîner à dix,
Souper à six, coucher à dix,
Fait vivre l'homme dix fois dix !

Appliquons-nous donc tous à bien vieillir : puisque vieillir (selon le mot si fin d'Auber), vieillir est encore le seul moyen pratique que l'on ait trouvé pour vivre ! Vieillissons dans un « home » hygiénique dont profiteront aussi nos enfants *et où ils se plairont.*

III

L'âpreté de la lutte engagée, principalement depuis quelques années contre l'ordre social actuel et la propagation, par le fait, de certaines doctrines anarchistes, les conséquences de ces démonstrations, nous portent à envisager ici quels sont les moyens à employer pour rendre ces efforts destructeurs moins efficaces contre les immeubles.

Actuellement, les constructions formées de pierres ou de briques agglomérées, liées entre elles, enfoncées dans le sol par les *fondations* forment en quelque sorte un monolithe dont les solutions de continuité représentées par la porte, les fenêtres de la cage d'escalier, offrent des issues infiniment trop restreintes pour livrer passage à l'énorme quantité des gaz provenant de la combustion des matières explosives et du déplacement *instantané* de l'énorme quantité d'air qui en est la conséquence.

Les explosifs agissent par les pressions qu'ils produisent dans les enceintes où ils déflagrent. S'ils se décomposent lentement, c'est-à-dire par combustion ordinaire, on peut évaluer avec précision la valeur de la pression qu'un poids donné d'explosif produit dans une capacité donnée. L'expérience a montré que dans ces conditions de combustion relativement lente 1 kilogramme de poudres noires usuelles produit dans une capacité de 1 m³ une pression de 3 atmosphères.

Les dynamites et le coton-poudre produisent des pressions sensiblement triples, soit 9 atmosphères; de sorte qu'un poids p d'explosif exprimé en kilogrammes, placé dans une capacité N exprimée en mètres cubes, donne une pression P exprimée en atmosphères donnée par la formule

$$P = 3 \times \frac{p}{N} \text{ pour la poudre noire,}$$

$$P = 9 \times \frac{p}{N} \text{ pour les dynamites et coton-poudre,}$$

On voit qu'il serait nécessaire de recourir à l'emploi de charges très fortes pour obtenir des pressions, moyennes notables, dans les locaux d'habitation qui présentent toujours une capacité importante: ces pressions seraient d'ailleurs très atténuées par les orifices de toute nature qui permettraient l'évacuation des gaz.

Le danger de l'emploi criminel des explosifs résulte, non pas des pressions moyennes développées, calculées d'après les formules ci-dessus, mais des pressions locales énormes que fournit l'explosion instantanée des matières explosives, lorsqu'on les excite au moyen d'amorces spéciales au fulminate de mercure. Dans ces conditions, l'explosif se décompose sous son propre volume, sans que les gaz aient le temps de se détendre au fur et à mesure de leur production. Il en résulte, au contact immédiat de la charge, des pressions se chiffrant par dizaines de mille atmosphères, capables de rompre les poutres et les solives de dimensions usuelles. Mais à quelques centimètres de la charge, par suite de la détente des gaz, les pressions sont déjà beaucoup plus faibles et à quelques décimètres de distance ne sont plus capables d'agir que sur les surfaces de grandes dimensions telles que les murs, les cloisons les panneaux et les portes, qui ne présentent qu'une résistance très faible dans le sens horizontal. L'effet destructeur produit sur une de ces surfaces ne dépendra donc que de la distance à la charge et ne saurait être atténué par des orifices d'évacuation situés à une distance plus grande. La sécurité de l'immeuble ne sera donc assurée que si l'on rend sa stabilité indépendante des parois verticales à grande surface qui supportent, en cas d'explosion, des pressions proportionnelles à leur étendue.

Ce résultat sera atteint dans des constructions à ossature métallique servant d'appui à de simples panneaux de remplissage, susceptibles d'être projetés partiellement, sans entraîner l'effondrement de l'édifice. C'est donc l'emploi du ciment venant remplacer les matériaux actuels.

C'est dans ces panneaux ajourés garnis de verre, et même de verre armé, ou verre treillagé — le ciment garnissant les parties basses, les soubassements, les encadrements, et masquant les fers, constituera l'ossature ou la carcasse de la maison — que la pression provenant des combustions instantanées produira des trouées, sorte de bombardement interne, de l'intérieur vers l'extérieur.

Ces constructions en ciment constituent une application avantageuse en cas d'incendie, on en a fait une application aux casernes du boulevard Morland, aux magasins du Printemps, aux nouvelles écuries du Bon-Marché et dans un grand nombre de constructions industrielles.

Un ingénieur très distingué des Ponts et Chaussées, détaché aux travaux hydrauliques de la marine à Toulon, M. L. Stellet (1), a étudié et a critiqué les méthodes de calcul préconisées jusqu'ici pour l'emploi du métal à recouvrir de ciment. Il regarde comme erronée l'hypothèse simpliste de la poutre non homogène à simple T, où l'on considère le hourdis du plancher comme formant la semelle supérieure en ciment travaillant exclusivement à la compression, et les tirants en fer rond noyés à la partie inférieure de la nervure ou du soffite, comme formant la semelle inférieure travaillant exclusivement à la tension.

Cette hypothèse suppose implicitement que la poutre repose librement sur ses appuis; or, la manière même dont on construit les planchers en ciment armé cause fatalement l'encastrement de la poutre sur les appuis. Les tirants sont ancrés à leurs abouts dans les murs; ceux des solives ou poutrelles traversent sans coupure les soffites des maîtresses-poutres; ceux des maîtresses-poutres, lorsqu'il y a deux ou plusieurs travées, traversent sans coupure les piliers en ciment.

Le ciment du hourdis, des poutrelles et des maîtresses-poutres est intimement relié par des arrachements aux maçonneries des murs. La résistance fort notable à l'extension du ciment ne permet pas de négliger cette cohésion. Alors même que les tirants seraient coupés au milieu d'un soffite ou d'un pilier, l'adhérence surprenante (45 kilogrammes par centimètre carré, d'après Bauschinger) du ciment pour le fer donnerait lieu à un ancrage énorme, atteignant plusieurs tonnes, dont les constructeurs ne semblent pas s'être assez préoccupés. Avec les cas fréquents d'un tirant de 30 millimètres noyé de 0,15, l'adhérence atteint 6t,3. Que l'on considère l'encastrement comme complet, ou

(1) Décédé prématurément au grand détriment de la Science appliquée aux constructions spéciales.

comme partiel, peu importe : la conséquence non douteuse est que le moment de flexion est négatif aux appuis, qu'il est nul à une certaine distance des appuis et que, s'il est positif au milieu de la portée, il n'y est pas maximum. Aux abouts de la poutre, la semelle qui travaille à la tension est la semelle supérieure.

Si donc la semelle supérieure n'était formée que de ciment, elle serait exposée à la rupture.

Une économie considérable doit résulter de l'encastrement aux appuis, propriété inhérente aux planchers en ciment armé. Cette économie se manifeste :

1° Dans le moindre poids de fer employé ;

2° Dans le moindre volume du ciment des nervures et soffites un peu plus étroits et sensiblement moins hauts ;

3° Surtout dans le moindre volume des maçonneries des murs d'enceinte et de refend, dont l'élévation est réduite de la somme des hauteurs gagnées sur les planchers successifs. L'hypothèse du libre repos sur les appuis conduit en effet, très vite, pour des surcharges et des portées un peu grandes, à des hauteurs de maîtresses-poutres inadmissibles en pratique, ailleurs qu'en des magasins, parce qu'elles sont disgracieuses, et qu'elles isolent des tranches d'air difficile à renouveler, par suite antihygiéniques.

Somme toute, les planchers en ciment armé des divers constructeurs ne réalisent guère, jusqu'ici, leur grande rigidité mise à part, qu'une économie de 25 à 30 0/0 sur les planchers en poutrelles métalliques et voûtains en briques, encore fort usités. Il semble bien que cette économie, tout appréciable qu'elle soit, correspond surtout à ce fait que le plancher en ciment armé supprime tous les ouvrages auxiliaires lourds supportant ou formant le plancher et le plafond sous-jacent, et que tous ses éléments constitutifs concourent à la fois à leur destination architecturale et à la résistance aux charges. Le poids de métal ne paraît guère réduit que grâce à la diminution considérable du poids mort pour une même surcharge.

D'après les expériences faites, la répartition défectueuse du métal dans les planchers actuels en ciment armé paraît se manifester dans la pratique par une insuffisante résistance aux efforts tranchants. C'est près des appuis que les poutres chargées jusqu'à rupture se fissurent et périssent. Les efforts tranchants sont les mêmes, que la poutre soit librement posée sur ses appuis ou y soit encastrée, mais la répartition du métal en vue de l'encastrement assure bien mieux la résistance aux

efforts tranchants dans les parties extrêmes de la poutre où ces efforts sont les plus grands.

On doit interpréter les faits observés de la manière suivante :

Le travail du mortier ou béton de ciment à l'extension, malgré qu'il soit notable, ne doit être compté que comme appoint, augmentant la marge de sécurité adoptée, dans une proportion qui dépend trop des soins apportés à l'exécution pour pouvoir être même approximativement calculée.

Le travail du béton à la compression est important. Il ne pourra en être tenu un compte exact dans les calculs que lorsqu'on connaîtra exactement le coefficient d'élasticité à la compression du mortier de ciment à divers dosages et celui du béton de ciment aux diverses compositions usitées, soit avec de la pierre cassée, soit avec du gravier. Sous ce rapport, il est à désirer qu'un nombre limité de types de mortier et de béton soit consacré par la pratique répondant au nombre restreint de valeurs de surcharges prévues dans les projets et que de très nombreuses expériences soient faites sur ces types. On ne possède actuellement que peu d'expériences qui ont, d'ailleurs, été faites sur des mortiers variés et non comparables, tantôt frais, tantôt anciens, et on en déduit hâtivement des chiffres moyens dépourvus de toute signification réelle, d'autant plus qu'on égalise d'avance, sans aucune preuve, les coefficients d'élasticité du mortier de ciment à l'extension et à la compression, à l'imitation du métal.

Quoi qu'il en soit, le travail de la compression du ciment qui enchâsse une poutre métallique augmente notablement sa résistance, d'une part, parce qu'il s'ajoute au travail du métal dans la semelle comprimée, d'autre part, parce que la faiblesse du coefficient d'élasticité à la compression du mortier de ciment. oblige la fibre neutre à se rapprocher de la semelle comprimée, ce qui augmente le moment de résistance de la semelle tendue.

Le rôle du ciment est surtout :

1° De constituer une âme indéformable pour la poutre métallique, permettant de la réduire aux deux semelles de section strictement indispensable, sans tôles verticales, cornières, ni trous de rivets, concentrés au maximum de distance compatible avec les autres conditions du projet ;

2° D'obliger la poutre, par l'adhérence considérable du ciment au métal, à présenter un moment d'encastrement aux appuis. La conclusion semble être qu'il faut exactement proportionner au moment de

flexion et à l'effort tranchant, suivant les formules bien connues de la résistance des matériaux, les sections, aux divers points de la portée, des semelles de la poutre métallique supposée encastrée, calcul qui n'offre plus d'incertitude puisque la position réelle de la fibre neutre et le coefficient d'élasticité du métal sont bien déterminés, et compter sur la présence du mortier de ciment pour réaliser d'une part cet encastrement, pour augmenter d'autre part le moment résistant des semelles métalliques par l'effet du travail à la compression du ciment.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des formules indiquées par M. Stellet pour le calcul des maîtresses-poutres, des poutrelles et des hourdis. Nous ferons seulement ressortir l'idée caractéristique de partager les deux armatures métalliques symétriques en tirants continus, capables de supporter la charge permanente et le poids des coffrages et couchis nécessaires pour le moulage, et en tronçons de tirants de faible longueur, régnant seulement près des appuis de la poutre, n'entrant en jeu que pour assurer la résistance aux surcharges. M. Stellet compte hardiment sur la forte adhérence du ciment au métal pour que ces tronçons de tirants fassent corps avec le reste de la poutre, malgré leur interruption sur la majeure partie de sa longueur.

On doit proscrire absolument le moulage des planchers en plusieurs reprises, système qui cause des solutions de continuité aussi inévitables que nuisibles dans la masse de ciment.

J'estime qu'il y a un intérêt capital à ce que le ciment ou le béton soit moulé d'un seul jet sur toute l'épaisseur du plancher en progressant d'un mur d'appui vers l'autre, transversalement aux maîtresses-poutres, sans aucun arrêt en travaillant sans interruption de jour et de nuit, par équipes alternées ; il n'y a pas d'inconvénient à ralentir le travail pendant les repas et les repos nocturnes, pourvu qu'il reste toujours assez de cimenteurs sur le chantier pour que la surface ne sèche pas.

Il demeure entendu que le calcul des poutres dans l'hypothèse de l'encastrement complet exige implicitement que le moment des charges exercées ou transmises sur l'about d'une poutre par la portion du mur d'appui correspondante, située au-dessus de cette poudre, soit au moins égal au moment d'encastrement. M. Stellet indique les limites d'écartement et de portée des maîtresses-poutres pour divers cas usuels de surcharge, qui doivent être observées pour que la cohésion des maçonneries des murs d'appui ne puisse être compromise. Il examine le cas simple où la portée entre murs d'appui ne dépasse pas $4^m,50$ et

permet, en supprimant les maîtresses-poutres, de n'employer que des poutrelles. Il étudie au contraire le cas complexe ou le rectangle à couvrir se rapproche d'un carré, où la plus faible distance entre murs opposés dépasse les portées usuelles, et où la destination de la construction ne permet de tolérer qu'un très petit nombre de piliers, par exemple un central, ou une file de deux au milieu de la longueur ou deux files de deux aux premier et second tiers de la longueur, etc., etc. Il propose alors de créer des poutres-murs à l'aide de ces piliers, pour tenir lieu des murs d'appui absents.

M. Stellet termine son étude par le détail des formules qu'il indique pour le calcul de ces poutres-murs.

IV

Supposons d'abord que nous avons gagné à notre cause un riche Mécène qui, ayant fait choix d'un architecte, lui laisse libre carrière, lui laisse également une assez grande liberté dans la dépense, car cette première maison ne sera certes pas une maison de construction économique. Nous étudierons plus tard la question des logements salubres économiques, question très complexe et bien intéressante. Actuellement, nous devons construire une maison confortable et hygiénique, poser des jalons, choisir des types, des modèles qui généralisés amèneront forcément une atténuation très sensible dans la dépense de premier établissement.

Choisissons d'abord le terrain orienté à l'ouest et ombragé si possible.

La maison devra abriter une seule famille; un locataire du dessus marchant dans sa chambre peut faire tomber une quantité de microbes dont quelques sujets suffisent à répandre la contagion. Notre maison *à ossature métallique à parquets de verre*, sera du reste plus rigide dans ses séparations horizontales que les habitations contenant les parquets actuels.

Notre maison sera séparée des servitudes ; le téléphone, le microphone, etc., rendant les communications très faciles, des galeries vitrées, formées de briques de verre, à matelas d'air isolateur, relieront les dépendances à la maison.

La maison sera formée d'un rez-de-chaussée et d'un étage.

Au rez-de-chaussée, et sur sous-sol, nous placerons les appartements

de réception, vestibule, salon, salle à manger, office, salle de billard, bibliothèque ou salle de travail.

Nous l'avons déjà dit : l'ossature, le squelette de notre maison est en fer. Ce *squelette* devra être recouvert, garni de ciment dans les angles, dans certains soubassements. Les panneaux verticaux seront ainsi rendus indépendants les uns des autres et nous en verrons le pourquoi dans un autre chapitre, surtout en ce qui concerne le rez-de-chaussée.

Pour le sol, nous adoptons la mosaïque, ou verre spécial, dense ou verre dévitrifié.

Pour les plinthes et pour certains soubassements, nous garnirons ce ciment de plaques, de carreaux en « céramo-cristal » aux teintes en grisaille, ou en teintes variées imitant le marbre et n'en ayant pas les inconvénients, à l'extérieur, pour nos climats humides et à températures si changeantes. La question de prix intervient aussi en faveur de ce produit.

Pour les planchers d'escaliers, ou tout au moins pour certaines parties de ces escaliers, le céramo-cristal ; pour les balustres, le verre moulé ; pour les parois de l'escalier, « l'opaline » brute ou supportant des armes, des sujets émaillés. La voûte ou ciel des escaliers sera en mosaïque de verres de diverses couleurs, principalement en verre jaune doré.

Les paliers de l'escalier, le sol de l'étage — je ne puis employer ici l'expression de plancher — seront en glaces dépolies, gravées artistiquement jusqu'à une certaine hauteur.

Notre maison sera à double paroi, la demi-transparence des dalles de verre moulé, la transparence des glaces n'a donc de ce fait aucun inconvénient. Dans cette double paroi, nous faisons circuler l'air chaud en hiver, nous y plaçons les canalisations d'eau froide, d'eau chaude, les fils télégraphiques, téléphoniques, tuyaux acoustiques, nous y plaçons les évacuations d'eau.

Si la maison est isolée, nous avons besoin d'un moteur à gaz, à alcool, à pétrole, pour monter l'eau chaude et l'eau froide, pour produire l'électricité.

L'été, notre moteur actionnera également un compresseur, l'air se détendra entre nos parois et produira alors de l'air froid. Nous aurons donc ainsi une température voulue, suivant les températures extérieures.

Les tentures se déplaçant le long des tringles permettront de varier et de diriger les intensités de lumière solaire, de lumière extérieure, celle d'un salon à l'autre.

Les consoles, les tablettes de cheminées, seront en verres spéciaux dits imprimés, ces verres seront argentés, ou dorés, ou émaillés ou cloisonnés.

Dans certaines parties, là où l'opacité est nécessaire, mais où l'on veut éviter l'uniformité, on placera des vitrages en cloisonné de métal, des graisillons de verre diversement colorés imitant aussi toutes sortes de dessins ou les reproduisant. Ces vitraux produisent, le jour, ou à la lumière artificielle, des effets différents, mais toujours décoratifs, ce qui n'est pas le cas des vitraux ordinaires, même les plus artistiques.

Nous emploierons également entre deux verres et comme ornementation de portes du salon, salles à manger, les plantes séchées et collées d'un effet si artistique, si délicat. Les plaques de propreté seront en verre craquelé.

Craquelé, argenté ou doré suivant la teinte, des draperies, du satin, des velours, dont une Parisienne tiendra toujours à s'entourer.

Aux fenêtres, quelques doubles châssis dans le haut, avec « verre perforé » à l'extérieur, afin de n'être pas incommodé par une ventilation même peu énergique.

Toutes les ferrures des portes, leur carcasse, seront en métal nickelé, mat ou poli. Nous ne proscrivons pas le bois, pourvu que ce soit un bois dense, permettant des encadrements étroits, se faisant oublier en quelque sorte et ne détruisant pas l'aspect du mobilier spécial de notre habitation.

Pour ce mobilier, nous n'excluons pas la céramique artistique et nous nous souvenons de l'admiration éprouvée à l'Exposition de Lyon en 1894, puis à Bordeaux en 1895, à l'examen des objets mobiliers de la maison Muller ; depuis, les objets d'art exposés par cette maison nous ont fait penser bien souvent à l'emploi précieux de ces œuvres remarquables appartenant à une branche considérée longtemps comme la sœur jumelle de la verrerie.

Le procédé de moulage artistique de M. Ringel d'Illzac nous rendra d'immenses services pour obtenir des œuvres artistiques, originales, inconnues jusqu'ici, des moulages en verre, cela en moules perdus, étant produits avec une finesse telle que des broderies, des guipures, des dentelles peuvent être reproduites, moulées en verre.

Sur les étagères, les cheminées, les bahuts, comme curiosité, aussi bien que comme ustensiles domestiques, nous réclamerons le concours de Gallé, aussi bien pour la verrerie que pour une partie du mobilier et

nous demanderons également le concours des Thesmar, des Lalique, des Tiffany et des vitriers d'art, des mosaïstes français.

Nous nous souviendrons que, aussi bien dans la cuisine, que pour le garde-manger, dans les endroits écartés, là surtout, l'hygiène a maintenant des règles que nous devons observer, règles pour lesquelles le verre est partout imposé.

Nous l'avons dit plus haut, les tapis, les tentures, jugés encore indispensables, ne seront plus cloués mais tendus par tringles spéciales. Ces tapis seraient battus par l'appareil Bricogne, employé à la Compagnie des chemins de fer du Nord, brossés ou balayés par le balai Bissel, emmagasinant les poussières au fur et à mesure de son fonctionnement au lieu de les projeter dans l'atmosphère.

Dans les diverses parties de notre habitation nous aurons recours à certains enduits ou ciments antiseptiques tels que le salicylate de zinc, nous enverrons des vaporisations périodiques d'essence de pin, d'essence d'eucalyptus, etc.; nous emploierons même dans cette maison les briquets électriques, et là où les allumettes seraient indispensables nous proscrirons les allumettes phosphoreuses, celles dites suédoises, qui ne donnent aucun résultat par les temps humides et devraient plutôt être employées comme hygromètres; nous emploierons au contraire les allumettes au *plombate de chaux*.

Nous ne voulons pas nous attarder à l'office, ni à la cuisine, cela nous conduirait peut-être à examiner les produits, les préparations, à décrire les falsifications... ce serait sortir de notre rôle. La chimie, et même la chimie alimentaire, a fait de tels progrès, que nous devons lui demander seulement de satisfaire nos goûts, sinon de ne pas trop détériorer nos estomacs.

Nous avons dit plus haut que notre maison est formée d'une carcasse en fer remplie de ciment et de verre. Les panneaux de ciment ont, là où ils existent, leur raison d'être, principalement au rez-de-chaussée, et nous l'avons démontré.

V

L'éclairage rationnel. — C'est une question perpétuellement posée, que celle de l'installation d'un éclairage convenable, suffisant et hygiénique, dans les divers locaux où l'on travaille *cérébralement* : écoles, instituts ou laboratoires, ou même dans les habitations mondaines.

Nous ne parlons pas ici de l'éclairage diurne dans les locaux neuf

les travaux des hygiénistes en ont défini les conditions, et les avantages de l'éclairage unilatéral et bilatéral sont à peu près tranchés.

Mais lorsqu'il s'agit d'éclairer de vieux locaux aménagés, au moyen des rayonnants intensifs actuels, la question change d'aspect. Il faut éclairer sans offusquer, et ne pas placer les lampes en face des yeux qu'elles fatiguent; suspendues trop bas, elles aveuglent:. suspendues trop haut, elles donnent de fortes ombres, très désagréables, ainsi qu'une distribution de lumière inégale.

La solution la meilleure consiste à rapprocher la lumière artificielle, avec ses brutalités, de la lumière naturelle, avec ses douceurs, c'est-à-dire de produire de la lumière diffuse.

Pour y parvenir, il faut savoir sacrifier une certaine quantité de lumière ; le sacrifice est motivé puisqu'on n'abandonne, par le fait, que la portion de lumière qui serait désagréable.

Les électriciens y parviennent, comme on peut le constater dans d'intéressantes applications, en projetant les rayons lumineux sur le plafond et sur la partie supérieure des murs d'une salle. Le plafond bien éclairé, renvoie sur tous les points une lumière douce et uniforme, sans ombres désagréables, de telle façon que l'on peut voir, dans ces conditions, le crayon d'un dessinateur ne porter aucune ombre sur son papier. Les astronomes diraient volontiers que le dessinateur se trouvera ainsi à « l'Equateur électrique ».

On obtient ce résultat en plaçant sous les sources lumineuses, des réflecteurs métalliques ou demi-opaques. La lampe est rapprochée, autant que possible, du plafond, et sa lumière est masquée, vers le bas, par un réflecteur conique en tôle dont la pointe est dirigée vers le sol; c'est l'abat-jour traditionnel mis à l'envers. Immédiatement au-dessous du plafond, la lampe est surmontée d'un grand réflecteur plan, circulaire, peint en blanc mat; ce réflecteur disperse la lumière qui a été renvoyée sur sa surface par le réflecteur conique en tôle, placé sous la lampe et qui est, lui aussi, peint en blanc mat à l'intérieur et en vert à l'extérieur.

On réalise ainsi une répartition de la lumière aussi uniforme que possible, dans les salles de travail. Certes, cette bonne répartition se chiffre par une dépense appréciable et l'on prodigue ainsi un peu de lumière. Mais cette prodigalité voulue, économise les yeux des travailleurs et, si l'on peut faire entrer cette considération difficile et prépondérante tout à la fois dans le calcul d'ensemble, il n'est pas douteux que l'on se

ralliera sans hésitation aucune, dans bien des cas, aux principes de cet éclairage par diffusion.

Dans notre habitation, nous éclairerons principalement par les plafonds ou vitraux horizontaux, par les parois, par les angles arrondis ; cela, à l'aide de rampes ou points lumineux disséminés derrière les parois diffuses.

Nous éclairerons ainsi le dôme formant la toiture du hall, partant du rez-de-chaussée au faîte de l'habitation. Ce dôme sera recouvert de briques de verre du système Falconnier, briques de verre diversement colorées.

Dans les différentes pièces du rez-de-chaussée, l'éclairage partira du haut des doubles parois, le plafond sera formé de plaques de verre dégradées, en trois couleurs BLEU, *rouge*, jaune, du système de Bettannier.

Les feuilles de verre employées par M. A. Bettannier sont des « verres doublés ». Le verre bleu est la base du système, celui sur lequel l'acide enlevant la couche bleue laisse apparaître avec plus ou moins d'intensité voulue le verre blanc, incolore, formant le fond pour ainsi dire du dessin dont le bleu forme les contours.

Sur cette feuille bleue on ajoute une feuille rouge et blanc (verre doublé également). Le blanc apparaît comme dans la feuille bleue, le rouge vient donner ici la carnation, la vie. La troisième feuille de verre, également doublée, est jaune, et sur cette feuille comme sur le verre bleu, comme sur le verre rouge, le dessin est reproduit par gravure à l'acide. Cette teinte jaune, diffuse pour ainsi dire la lumière. La superposition de ces feuilles échappe aux regards du public qui ne voit que l'ensemble, et les merveilleux effets de lumière obtenus.

Un plafond fait de ces superpositions de tons, éclairé électriquement, c'est-à-dire d'une façon intense, produira certainement un effet magique !

Nous avons vu des portraits, des photographies, des vitraux qui sont resplendissants d'intensité d'harmonie de tons. Nous savons que M. G. Hanotaux, l'ancien et distingué ministre des Affaires étrangères, frappé des effets obtenus par l'artiste, lui a commandé pour le ministère, un vitrail représentant un épisode de la vie de Richelieu, le grand ministre dont M. Hanotaux s'est fait l'historien.

Les américains donnent maintenant la préférence, pour leurs verreries, pour leurs ameublements, à leur grand artiste Tiffany.

Tout en reconnaissant l'originalité et la valeur de cet artiste, tout en appréciant certaines de ses tentatives, surtout pour le vitrail, nous n'hésitons pas à lui préférer, pour orner nos habitations, les artistes

français, et sans vouloir ici citer tels ou tels, nous ne pouvons cependant résister à notre tentation de citer E. Gallé, l'artiste *verrier*, ébéniste, céramiste, écrivain, poète.

Tout en rendant justice aux tentatives de « l'art nouveau », nous préférons encore adopter tel ou tel style ancien, en attendant la création d'un véritable style nouveau, moins composite, moins tourmenté, moins vermicellé que ce qui résulte des tentatives actuelles.

Reprenant la description de l'éclairage, nous nous préoccuperons de l'éclairage des angles, arrondis, des différentes pièces.

Les porte-lampes placés dans les différentes parties des appartements représenteront, par exemple, des verriers soufflant les cylindres de verre à vitre, les ampoules à incandescence, etc., corps qui sont en somme le point de départ des vitres, des lampes, des globes ou autres objets translucides ou lumineux.

Les cadres des glaces sur les cheminées, entre les différentes pièces, seront formés de plantes (vignes vierges, glycine, houx, liserons); transformés, métallisés par la galvanoplastie, les fleurs, les fruits, peuvent être remplacés partiellement par des verres plats remplis de sulfures spéciaux, semblables à ceux dont on garnit les cadrans de montres, de veilleuses, de pendules ou de boîtes d'allumettes.

Ces sulfures exposés le jour aux rayons solaires restituent partiellement le soir ce qu'ils ont absorbé, et dans l'obscurité, entre deux salons éclairés, ou en l'absence de lumière, on peut obtenir ainsi des effets originaux,

Pour augmenter l'éclairage diurne des appartements, on peut — au rez-de-chaussée principalement — remplacer les dessous de fenêtres par des cuves, sortes d'aquariums, contenant des plantes marines, des poissons, des fleurs artificielles, fleurs de verre, également éclairées le soir.

Bientôt nous espérons voir des applications de la *lumière froide* basée sur l'emploi d'animalcules phosphorescents. D'après les leçons de physiologie professées à l'Université de Lyon par l'éminent *Raphaël Dubois*, nous verrons ces animalcules, sélectés, développés par cultures artificielles, servir au développement de la lumière qui sera alors appliquée dans des conditions toutes particulières.

Mais nous ne pouvons encore développer ici ces idées qui sont d'une importance telle qu'elles doivent être traitées d'une façon spéciale en un article particulier.

VI

Le Chauffage. — Dans les cheminées des salons, salles de réception: ou le feu de bois, si clair, si gai; ou le chauffage par le gaz dans des bûches artificielles ornées de pointes d'amiante. Le chauffage des chambres par le gaz également, cheminées garnies à l'intérieur d'un plan incliné formé de tubes de verre d'un assez gros diamètre, émaillés à l'intérieur système bien préférable à celui qui consiste à chauffer une plaque mince renvoyant ainsi la chaleur par radiation ou par rayonnement.

Le chauffage de la cuisine se fera par le gaz, en attendant le chauffage électrique, dont nous étudions en ce moment l'emploi de quelques ustensiles qui communiqueront aux liquides, aux aliments une température graduée, continue, convenable pour le chauffage ou pour la cuisson des aliments. Nous n'avons pas à entrer ici dans la description de ces appareils aussi intéressants qu'ils puissent être. Le chauffage, l'éclairage d'une maison moderne nécessitant un travail spécial nous ferait sortir du cadre déjà très chargé de ce chapitre. Disons seulement qu'en disposant d'un courant électrique on peut, en quelques minutes, obtenir deux à trois litres d'eau chaude; en moins de trois quarts d'heure à une heure, on peut chauffer une pièce de moyenne grandeur.

Nous l'avons dit plus haut, nos Parisiennes n'admettent pas une habitation sans tentures, sans draperies, sans velours, peluche, broderies, etc., toutes parties contribuant largement à l'ornementation, disons même pour leur plaire, indispensables à cette ornementation: aussi nous devons prévoir la désinfection des appartements et des objets contaminés.

D'après M. le Dr P. Miquel, les vapeurs d'aldéhyde formique détruisent non seulement les spores de la bactéridie charbonneuse, mais les spores des bactéries infiniment plus résistantes que ces dernières, en un mot, tous les germes des schezophytes exposés à leur action à l'état sec. Voici comment il convient d'opérer pour désinfecter une chambre et ce qu'elle contient: dans une dissolution commerciale concentrée d'aldéhyde formique, ayant 107 ou 108 au densimètre, on dissout du chlorure de calcium cristallisé de façon à amener la liqueur à posséder une densité de 1,26 (1). Cette solution sert à humecter des linges qu'on

(1) On obtient un liquide de cette densité en dissolvant une partie de chlorure de calcium cristallisé dans deux parties d'une solution commerciale d'aldéhyde formique.

étend dans les locaux à désinfecter. On prendra de préférence des rouleaux de toile d'une dimension appropriée à la capacité des pièces à purger de microbes ; on les déroulera et on les laissera exposés pendant vingt-quatre heures au moins ; l'air se charge très rapidement de vapeurs formaldéhydiques, la substance active, microbicide, quitte rapidement la toile qui ne cesse pas de rester humide.

Pour désinfecter les livres provenant de bibliothèques publiques, ou y rentrant après un séjour dans des familles où se trouvent des malades.

Pour désinfecter les œuvres d'art, dentelles, tapisseries, draperies, etc., qui ne peuvent supporter sans dommages, soit les températures de l'autoclave, soit l'action des solutions antiseptiques, M. le Dr P. Miquel (1) conseille de placer livres et autres objets dans une armoire sur le sol de laquelle on place des bandes imbibées d'une solution aqueuse commerciale d'aldéhyde formique contenant un peu de chlorure de calcium. Les portes de l'armoire fermées, l'air qu'elle renferme se remplit immédiatement de vapeurs microbicides à odeur très vive. Au bout de vingt-quatre heures, toutes les bactéries, tant pathogènes que vulgaires, faiblement résistantes comme réfractaires à l'action des hautes températures et des antiseptiques puissants, sont anéanties

Les livres et autres objets sont entièrement stérilisés.

Le prix de revient du litre du liquide antiseptique, qu'on peut préparer à l'avance, est d'environ 6 francs. Avec un litre de ce liquide, on peut, dans une armoire de un demi-mètre cube à trois quarts de mètre cube, effectuer 20 ou 30 désinfections.

L'hygiène de la rue. — Notre préoccupation de l'hygiène de l'habitation va au delà du seuil de la maison et descend dans la rue.

Nous proscrivons volontiers le pavage en bois, le macadam, même l'asphalte. Les avantages que procurent l'absence de bruit, le silence relatif dont profitent les habitants des rues parquetées, macadamisées sont largement compensés par les émanations dont on s'aperçoit du reste pendant l'été et contre lesquelles le Conseil d'hygiène a déjà fait entendre ses protestations.

Nous remplacerons donc le pavé en bois par le pavage en blocs, en dalles de *pierre céramique Garchey* (ou pierre de verre). Ces blocs réunis entre eux noyés dans le ciment, seront imperméables et les

(1) *De la desinfection des poussières sèches des appartements au moyen de substances gazeuses et volatiles*, par le Dr P, Miquel.

chaussées bombées à dessein pour renvoyer les eaux sur les bas côtés donneront toute satisfaction à l'hygiène.

Ces pierres soumises à divers essais au laboratoire des Ponts et Chaussées ont donné les résultats officiels qui suivent :

A l'écrasement, la pierre céramique résiste à 2.023 kilogrammes par centimètre carré, tandis que les matériaux les plus durs employés dans les constructions, tels que le granit, ne résistent qu'à 650 kilogrammes.

Pour la gelée, la pierre céramique a subi, à différentes reprises, l'action de mélanges humides et réfrigérants de 20 degrés de froid sans altération, puisque tout au contraire, elle a résisté après ces expériences à une pression de 2.028 kilogrammes par centimètre carré :

Sa résistance à l'usure, manifestée par le frottement d'une meule à grande vitesse, classe la pierre céramique immédiatement avant le porphyre de Saint-Raphaël, et, pour prendre un point de comparaison bien connu parmi les pierres de taille les plus dures, a un rang très supérieur à la pierre de Comblanchien, avec une différence de près du double;

Au choc déterminé par la chute d'un poids, d'une hauteur d'un mètre et pesant $4^{kg},200$, il a fallu vingt-deux coups en moyenne pour obtenir la rupture, et trois coups en moyenne pour la première fissure, tandis que les pavés de laitier de haut fourneau et le quartzite du Roule — matériaux couramment employés en pavage et des meilleurs pour cet usage — ne résistent qu'à dix-neuf coups dans les mêmes essais.

Nous aurions dû commencer ce travail en inscrivant en tête ce conseil de Boileau :

> Tout ce qu'on dit de trop est fade et rebutant.
> Ne vous chargez jamais d'un détail inutile !

En l'inscrivant au bas de ce chapitre, nous avons la conscience de laisser dans l'ombre certains détails intéressants qui, traités par un spécialiste, fourniront encore matière à d'autres études desquelles sortiront d'utiles progrès.

CHAPITRE III

APPLICATION DU VERRE A LA DÉCORATION ET A LA CONSTRUCTION DES MAISONS D'HABITATION

Rideaux en verre

On a songé à utiliser le verre pour la décoration des appartements en faisant des rideaux destinés à remplacer les rideaux d'étoffe ou de mousseline qu'on pose devant les fenêtres pour se garantir des regards des voisins.

Ces rideaux, faits avec de petits morceaux de verre, uni ou agrémenté de dessins, blanc ou de couleur, ont plus de transparence que les rideaux en étoffe et peuvent donner, en employant des couleurs judicieusement choisies, des effets analogues à ceux des vitraux ordinaires mis en plomb.

Ces morceaux de verre sont encadrés chacun dans du zinc et reliés entre eux par leurs angles au moyen de petites agrafes en forme de crochet ou en S, ce qui leur donne une souplesse permettant de les relever, de les plier et en même temps de les allonger ou les raccourcir dans le cas de déplacements.

Ces rideaux sont placés généralement dans les antichambres, les salles à manger, les vérandas.

On peut généralement obtenir des rideaux de fenêtres — petits rideaux — en glissant dans des cordonnets indépendants les uns des autres, et verticaux, des perles de verre *maintenues par des nœuds faits aux cordonnets*, c'est ce que j'ai fait.

Les perles étant de moyenne grosseur, de colorations diverses, peu foncées, et très espacées entre elles, on en obtient de beaux effets; la lumière entre dans les appartements avec intensité, et c'est là encore un complément nécessaire permettant d'obtenir les détails de la maison idéale au point de vue de l'hygiène, la maison de verre dont je parle plus loin.

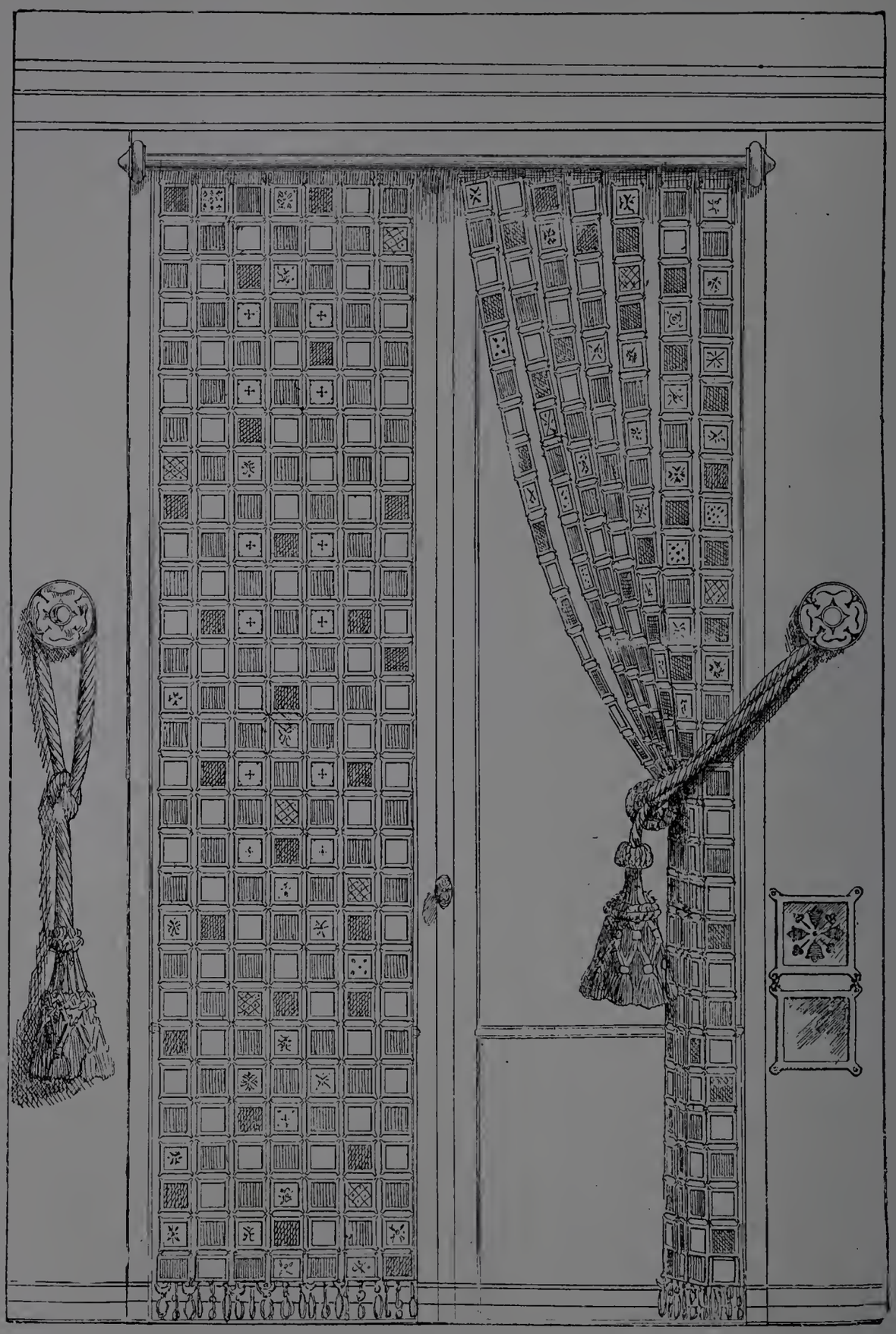


Fig. 141.

Prismes Luxfer.

Une nouvelle application du verre a été faite en ces dernières années qui consiste à renvoyer la lumière, à la multiplier, cela, d'après les prismes diffusant cette lumière.

Nous avons vu de multiples applications de ce système qui ont étonné tous ceux qui ont été appelés à constater les effets prodigieux de cette application, c'est ce qui nous porte à citer ici ces « Prismes Luxfer » que nous sommes certain d'être utile en les faisant connaître.

Selon les conditions dans lesquelles se trouve la pièce à éclairer, il faut choisir le modèle de prismes Luxfer approprié à cet éclairage, ce choix peut se faire très facilement à l'aide du rapporteur Luxfer figuré ci-dessus.

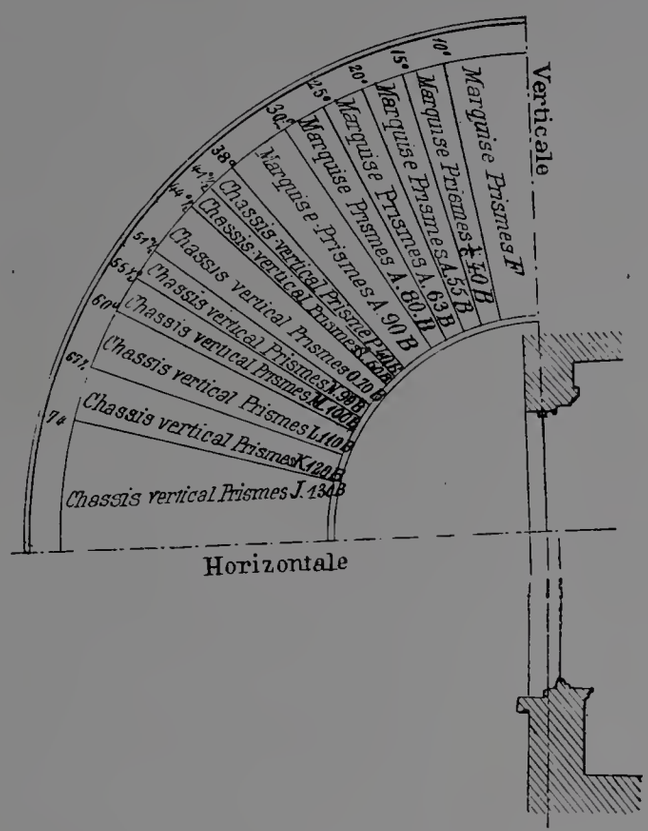


Fig. 142.

Dans cette méthode, la lumière la plus basse tombant sur la fenêtre est projetée dans la pièce suivant une direction horizontale, ou légèrement au-dessus de l'horizontale ; la lumière la plus haute, reçue par la plaque de prismes, est réfractée dans la chambre suivant une direction au-dessous de l'horizontale, variant de 25 à 45°, selon les circonstances, et ces « cônes de lumière », venant de tous les points de la plaque de prismes, frappent toutes les parties de la pièce et l'éclairent.

Le rapporteur ci-dessus fournit le moyen de déterminer les prismes convenables.

Tracer une coupe passant par le centre de la fenêtre de la pièce, de

la rue et de la construction opposée. Mener une droite de la base de la plaque de prismes proposée au sommet de la construction opposée. Placer le rapporteur sur le tracé, de façon à ce que l'angle bas de ce dernier coïncide avec la partie basse de la plaque de prismes projetée qui est figurée sur la coupe. La ligne menée du sommet de la construction opposée indique sur le rapporteur les prismes à employer, que ce soient des plaques verticales ou des marquises ; on a, en même temps, l'indication du pouvoir éclairant.

On peut toujours employer cette méthode, lorsqu'il s'agit de choisir à première vue les prismes, mais il vaudra toujours mieux, lors du devis définitif, avoir recours aux tables publiées dans le manuel spécial de la compagnie des Primes Luxfer.

Après avoir déterminé le modèle de prismes répondant le mieux à l'éclairage désiré, il faut déterminer les dimensions à donner à la plaque de prismes, il suffit pour cela de se rapporter aux tableaux suivants, que nous extrayons du manuel Luxfer-Prisme.

Dimensions des dallages en primes Luxfer

Longueur du sous-sol	POUR MARCHANDISES ORDINAIRES — Hauteur de la poutre				POUR ENTREPOTS — Hauteur de la poutre			
	0m	0m,15	0m,25	0m,35	0m	0m,15	0m,25	0m,35
Sous-sol de 6 mètres de largeur								
m	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
5.40	5.65	7.10	8 20	9.20	3.30	4.75	5.85	6 85
8.20	6.40	7 80	8.90	9.90	3.80	5.20	6.30	7.30
10 80	7.45	8.90	10.00	11.00	4.30	5.75	6.85	7.85
13.60	8 45	9.90	11 00	12.00	4 95	6.40	7.50	8 45
16 40	10.00	11.40	12.50	13.50	5.85	7.30	8.40	9.35
19.00	11.80	13.20	14 30	15.30	6.90	8.40	9.45	10.45
21.60	14.00	15.40	16.40	17.45	8.20	9.60	9.80	11.70
24.40	16.56	18.00	19.05	20 05	9 70	11.15	12.25	13.20
27.20	19.25	20.70	21.75	22.75	11.35	12.80	13.85	14.85
Sous-sol de 12 mètres de largeur								
5.40	11.60	13.85	16.10	18.00	6.45	9 35	11.60	13 60
8.20	12.25	15.10	17.35	19.25	7 20	10.05	12.30	14.20
10.80	14.20	17.10	19.35	21.25	8.35	11.25	13.50	15 40
13.60	16.55	19.45	21.70	23 55	9 70	12 60	14.85	16.75
16.40	19.60	22 50	24.75	26.65	11.50	14.40	16.65	18.55
19.00	23.20	26.00	28.35	30.25	13.65	16.55	18.80	20.70
21.60	27.55	30.40	32.65	34.55	16.20	19.05	21.30	23.20
24.40	32.40	35.20	37.50	39.40	19.05	21.95	24.10	26.00
27. 0	39.00	40.85	43.10	45.00	22.30	25.20	27.45	29.35

Table des dimensions des plaques de prismes Luxfer.

POUR TRAVAIL DE BUREAU													
Longueur de la pièce	Plaques verticales								Marquise A				
	J	K	L	M	N	O	S	P	0.6	0.5	0.4	0 3	0 2
Pièce de 3 mètres de largeur													
m	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
5.40	2.95	3.25	3.40	3.50	3.80	4.30	4.85	5.65	3.80	4.05	5.40	6.50	9.20
8.20	3.25	3.50	3.70	3.8[illegible]	4.05	4.60	5.10	6.20	4.05	4.30	5.65	7.00	9.70
10.80	3 80	3.95	4.0[illegible]	4.30	4.6[illegible]	5.40	5.95	7.00	4.85	4.85	6.45	8 10	11.05
13.60	4 30	4.50	4.60	4.85	5.4[illegible]	5.90	6.50	7.85	5.40	5.65	7.30	8.90	12.70
16.40	4.85	5 10	5.40	5.65	6.20	7.[illegible]	7.55	9.15	6.20	6.45	8.65	10.55	14.60
19.00	5.65	5.95	6.20	6.50	7.00	7.[illegible]	8.65	10.55	7.00	7.55	9.70	11.90	16.75
21.60	6.50	6.75	7.00	7.55	8.10	9·2[illegible]	10.00	11.85	8 10	8.65	11.05	13.50	19.15
24.40	7.30	7 85	8.10	8.65	9.20	10.25	1.35	13.50	9.20	9.70	12.70	15.65	21.85
27.20	8.40	8.90	9.20	9.70	10.50	11.85	2.95	15.65	10.55	11 05	14.60	17.80	24.85
30.00	9.45	0.00	10.55	11.05	11.85	13.25	14.60	17.55	11.80	12.40	16.20	20 00	27.55
32.80	10.50	11.05	11.60	12.15	13.40	14.85	16.20	19.45	13.25	13.75	18.10	22.15	31.0
Pièce de 6 mètres de largeur													
5.40	5.40	5.70	6.20	6.50	6.75	7.85	8.65	10.25	7.00	7.30	9.75	11.90	16.50
8.20	6.20	6 50	6.75	7.30	7.85	8.65	9.75	11.60	7.85	8.10	10.80	13.25	18.55
10.80	6.75	7.30	7.60	8.10	8.[illegible]	9.75	10.80	12.95	8.65	9.20	11.88	14.85	20.80
13 60	7.60	8.10	8.65	8.90	9.75	10.80	11.90	14.30	9.75	10.30	13.50	16.50	23.00
16.40	8.90	9.45	10.00	10.55	11.10	12.70	14.05	16.75	11.35	11.90	15.70	19.20	26.75
19.00	10.25	10.80	11.35	12.15	13.00	14.60	16.20	19.45	13.00	13.80	18.10	22.15	31.00
21.60	12 20	12.70	13.50	14.00	15.15	16.00	18.90	22.40	15.40	16.20	21.00	25 95	35.65
24.40	13.80	14.30	15.15	15.95	16.30	19.20	21.35	25.65	16.30	18.35	23.75	29.45	41.90
27.20	15.65	16.25	17.65	18.65	19.70	22.15	24.30	28 90	19.70	21.05	27.00	33.50	46.40
30.00	17.80	18.65	19.70	20.80	22.40	25.10	27.80	33.50	22 70	23.75	31.35	38.35	53.40
32.80	20.25	21.35	22.40	23.75	25.40	25.60	31.60	38.10	25.65	27.00	35.40	43.50	60.75

POUR ENTREPOTS													
Longueur de la pièce	Plaques verticales								Marquise A				
	J	K	L	M	N	O	S	P	0 6	0.5	0.4	0.3	0.2
Pièce de 3 mètres de largeur													
m	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
5.40	1.00	1.05	1.15	1.15	1.25	1.45	1.60	1.90	1.25	1.35	1.80	2.15	3.05
8.20	1.05	1.15	1.25	1.25	1.35	1.55	1.70	2.05	1.35	1.45	1.90	2.35	3.25
10.80	1.25	1.35	1.35	1.45	1.55	1.80	2.00	2.35	1.60	1.70	2.15	2.70	3.70
13.60	1.45	1.55	1.55	1.65	1.80	2.00	2.15	2.60	1.80	1.90	2.45	2.95	4.15
16.40	1.60	1.70	1.80	1.90	2.05	2.35	2.50	3.05	2.05	2.15	2.90	3.50	4.85
19.00	1.90	2.00	2.05	2.15	2.35	2.60	2.90	3.50	2.35	2.50	3 25	3.95	5.60
21.60	2.15	2.25	2.35	2.50	2.70	3.05	3.35	3.95	2.70	2.90	3 70	4.50	6.40
24.40	2.45	2.60	2.70	2.90	3.05	3.40	3.80	4.50	3.05	3.25	4.25	5.20	7.30
27.20	2.80	2.95	3.05	3.25	3.50	3.95	4.30	5.20	3.50	3.70	4.85	5.95	8.30
30.00	3.15	3.35	3.50	3.70	3.95	4.40	4.85	5.85	3.9	4.15	5.40	6.65	9.20
32.80	3.50	3.70	3.85	4.05	4.60	4.95	5.40	6.50	4.40	4.60	6.05	7.40	10.35
Pièce de 6 mètres de largeur													
5.40	1.80	1.90	2.10	2.10	2.25	2.60	2.90	3.45	2.35	2.45	3.25	4.00	5.50
8.20	2.10	2.10	2.25	2.45	2.60	2.90	3.25	3.90	2.60	2.70	3.60	4.40	6 20
10.80	2.25	2.45	2.50	2.70	2.90	2.25	3.60	4.35	2.90	3.05	3.90	5.00	6.95
13.60	2.50	2.80	2.90	3.00	3.25	3.60	4.00	4.80	3.25	3.45	4.50	5.50	7.65
16.40	3.00	3.15	3.35	3.50	3.70	4.25	4.70	5.60	3.80	4.00	5.25	6.40	8.90
19.00	3.45	3.60	3.80	4.05	4.35	4.80	5.40	6.50	4.35	4.60	6.05	7.40	10.35
21.60	4.05	4.25	4.50	4.70	5.05	5.70	6.30	7.50	5.15	5.40	7.05	8.65	11.90
24.40	4.60	4.80	5.05	5.30	5.75	6.40	7.10	8.55	5.75	6.10	7.90	9.80	13.60
27.20	5.25	5.40	5.95	6.20	6.60	7.40	8.10	9.65	6.60	7.00	9.00	11.15	15.60
30.00	5.95	6.20	6.60	6.95	7.50	8.40	9.30	11.15	7.60	7.95	10.45	12.80	17.80
32.80	6.75	7.10	7.50	7.95	8.45	9.55	10.55	12.70	8.55	9.00	11.80	14.50	20.25

L'éclairage des locaux sombres par les Prismes-Luxfer.

« Le mal naît à l'ombre et meurt au soleil » dit-on couramment en Italie. Quoique la faconde méridionale ait le proverbe facile, on ne saurait cette fois contester l'absolue justesse de cette appréciation.

L'étude des plantes et des organismes inférieurs a depuis longtemps révélé une série de faits des plus intéressants et il est aujourd'hui prouvé que la lumière entrave énergiquement le développement des germes infectieux. En dehors de cette donnée un peu spéciale, qui ne connaît par expérience les graves inconvénients d'un local insuffisamment éclairé ? Toutes nos Sociétés savantes, l'Académie de médecine notamment, ont fréquemment discuté la question de l'éclairage, la considérant à juste titre comme capitale au point de vue de l'hygiène.

C'est un fait acquis, la lumière du jour doit être suffisante et utilisable dans tout local habité si l'on veut éviter à l'organe visuel et à la santé générale des êtres qui y séjournent les conséquences les plus graves. Si, partant de ce principe, on examine quelle est la situation faite aux populations des villes, il faut constater que la presque totalité des immeubles sont critiquables et qu'un grand nombre même d'entre eux devraient être l'objet de modifications imposées.

Certes, les Pouvoirs publics ne se sont pas absolument désintéressés et parmi les causes d'insalubrité visées par diverses ordonnances et circulaires remontant à une quarantaine d'années déjà, le défaut ou l'insuffisance de jour des locaux sont signalés comme très préjudiciables à la santé publique et devant être combattus. Le désir d'agir n'est malheureusement pas la solution du problème et la percée de portes, de fenêtres, l'établissement de plafonds lumineux, moyens correctifs préconisés, ne sont que des projets inexécutables dans la majorité des cas. Quant aux panneaux vitrés éclairant par lumière réfléchie, ils demeurent, malgré leurs perfectionnements, des à peu-près donnant, d'une part, des résultats insuffisants à celui qui les emploie, de l'autre, créant pour les voisins situés immédiatement au-dessous, un obstacle au peu de lumière qui leur parvenait. De trop nombreuses courettes parisiennes permettraient, à qui en aurait le désir, de constater la réalité de ces faits.

Les choses en étaient là, lorsqu'un chercheur eut l'idée d'appliquer à l'éclairage diurne des locaux obscurs, la lumière du jour réfractée par le prisme.

Cette invention connue sous le nom de *Prismes-Luxfer* est, à notre avis, le seul procédé jusqu'ici digne de fixer l'attention de ceux qu'intéresse l'hygiène. Cette ingénieuse disposition permet de diriger le rayon réfracté à la volonté du constructeur, il suffit pour cela de modifier la disposition et les angles des prismes. .

Au point de vue de la construction, cette innovation s'applique à toutes les utilisations du verre. Qu'il s'agisse de plafonds lumineux, de dallages transparents, de verres de croisées, du vitrage d'une marquise, le Prisme-Luxfer demeure à la fois utile et décoratif.

Il convient de signaler, comme très intéressante, la façon dont sont montés les vitraux-primes. Au lieu d'utiliser la baguette de plomb habituelle, l'assemblage des prismes est obtenu en les disposant dans les mailles d'un réseau formé par un ruban de cuivre de moins d'un millimètre d'épaisseur. Ce premier travail effectué, on plonge le vitrage ainsi monté dans un bain galvanoplastique ; là s'opère un dépôt de métal sur toutes les parties saillantes du lacis et les morceaux de verre se trouvent sertis avec une précision qu'aucun procédé manuel ou mécanique ne saurait atteindre. On obtient ainsi un tout parfaitemenf étanche, d'une solidité extraordinaire, résistant même à l'action du feu, ainsi que le démontrent des expériences dont nous avons pu personnellement constater les effets.

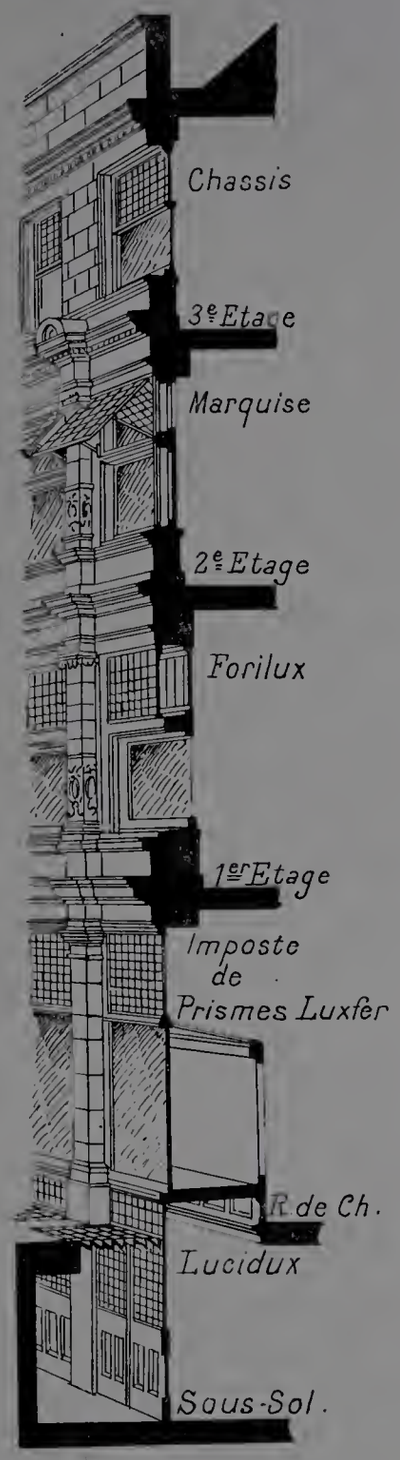


Fig. 143.

Au résumé, le Prisme-Luxfer permet l'utilisation de la lumière du jour dans les très nombreux locaux qu'un éclairage insuffisant ou artificiel rend dangereux ; cette simple constatation suffit à justifier son rôle éminent hygiénique.

Si l'on se place sur le terrain économique, cette innovation se caractérise, là encore, par de sérieux avantages. Toutes les installations

faites jusqu'à ce jour, et elles sont nombreuses, ont permis de réduire les dépenses d'éclairage au point d'amortir les frais d'acquisition dès la première année.

Il est actuellement procédé à l'aménagement d'un bureau de poste modèle ; les locaux de cette catégorie sont, nul ne l'ignore, pour la plupart éclairés de la façon la plus défectueuse. Ce champ d'expériences, où s'affirmera l'utilité des Prismes-Luxfer, va permettre aux pouvoirs publics de sanctionner par un patronage officiel une découverte que le monde industriel et commercial s'est judicieusement empressé d'accueillir.

Tuyaux et récipients métalliques vitrifiés, avec adhérence absolue.

Système L. Bergier, à Paris.

Le développement industriel incessant et les nécessités hygiéniques de plus en plus impérieuses ont fait rechercher un moyen de canalisation, de conservation et d'innocuité parfaite, qui pût être appliqué avec succès et de façon réellement efficace et économique à la fois.

Certes, des applications ont été tentées ; mais elles sont demeurées sans résultat pratique sérieux.

L'invention récente de M. L. Bergier, vient donner satisfaction à tous les desiderata et répondre aux besoins que les progrès de ce siècle ont fait naître dans toutes les branches de l'industrie et notamment dans le domaine des applications hygiéniques.

Cette invention consiste à revêtir de verre, intérieurement, tous récipients quelconques et plus particulièrement les tuyaux en métal (fer, fonte, acier, cuivre, etc.) ou en grès. On obtient, sans interposition d'aucune matière étrangère, une adhérence et une soudure complètes entre le métal et le verre, et — conséquence de la composition spéciale du verre employé — aucune rupture due à la dilatation du métal n'est à craindre, et le verre offre la même résistance que le métal lui-même.

Les applications du système sont innombrables. Nous nous bornerons à mentionner ici les principales d'entre elles.

Et d'abord, en ce qui concerne la canalisation des eaux minérales de toutes sortes (froides ou chaudes), les tuyaux vitrifiés permettent l'adduction en parfaite pureté de la source au point d'utilisation, des eaux destinées à la consommation : plus d'empoisonnement à craindre par le plomb ou par tout autre métal. Ils sont indispensables aujourd'hui

dans toutes les constructions : établissements publics ou privés, hôpitaux, travaux de salubrité, immeubles urbains ou ruraux, etc., aux canalisations ménagères, pour le tout à l'égout, pour les conduites d'évacuation, etc... Leurs parois intérieures de verre permettent de les laver facilement et assurent leur parfaite innocuité.

Pour les eaux minérales, spécialement, la canalisation au moyen de tuyaux vitrifiés permettra leur adduction de la source au point de consommation ou d'utilisation, en leur conservant leur pureté, leurs principes naturels et hygiéniques, en un mot toute leur efficacité alimentaire ou thérapeutique.

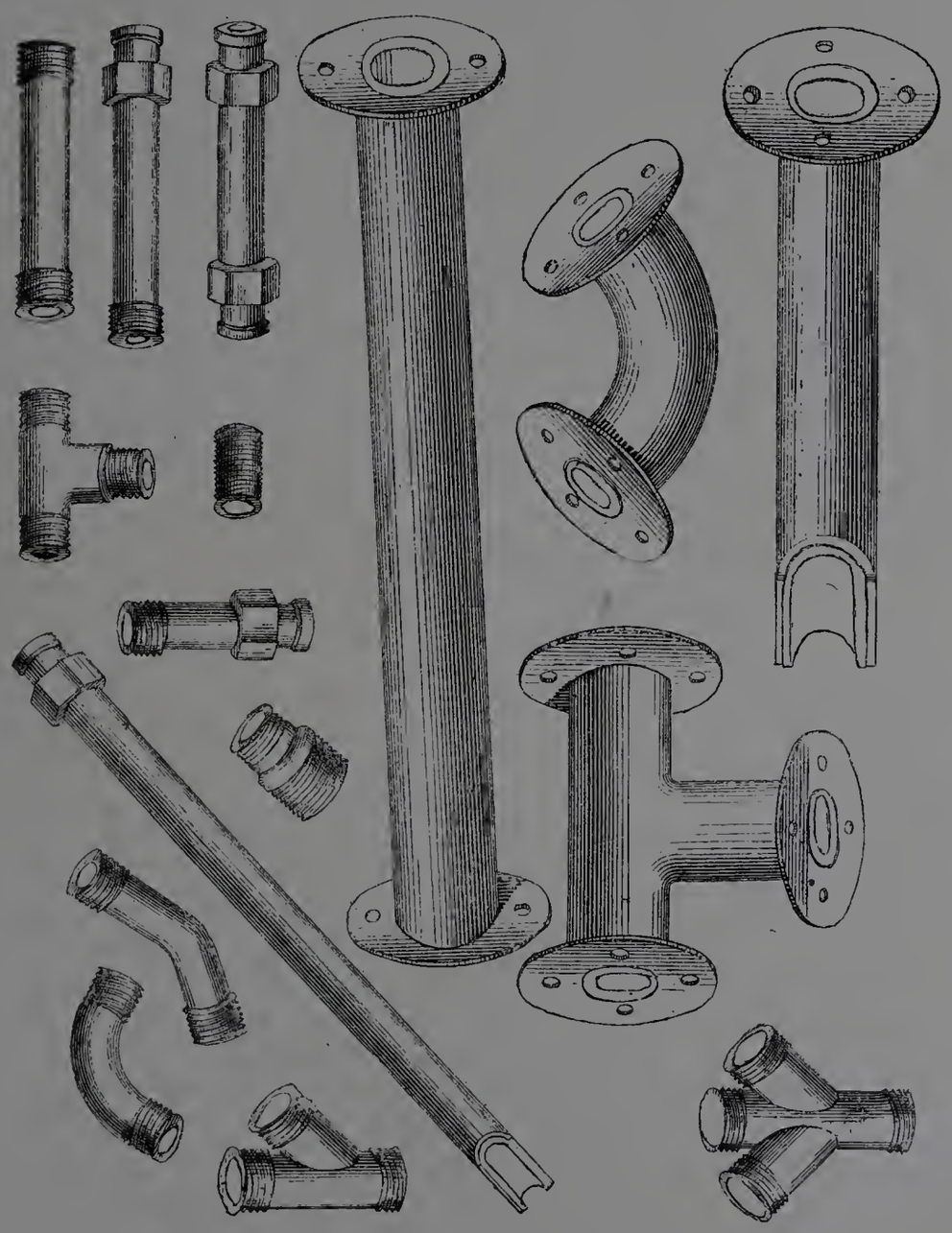


Fig. 144.

Dans les laiteries et, généralement, pour la préparation et la conservation de tous liquides alimentaires (tuyaux et récipients), l'innocuité du verre donnera toute sécurité aux hygiénistes et au public consommateur.

Dans les brasseries, distilleries et toutes industries similaires, où le cuivre joue le plus grand rôle, les tuyaux vitrifiés rendront d'éminents services : on pourra les rincer facilement, au besoin, au moyen d'une lance et on évitera les inconvénients des tuyaux ordinaires qui ne peuvent avec les moyens actuels, être purifiés de tous dépôts nuisibles.

D'autre part, dans l'industrie des produits chimiques, dans les laboratoires, les papeteries, les tanneries, l'usage des tuyaux à parois intérieures de verre rendra d'inappréciables services tant au point de vue économique que pratique, par leur plus grande durée et le rendement plus parfait des opérations, en évitant les oxydations par les acides et produits divers employés.

Dans les tanneries, plus particulièrement, l'emploi de ces tuyaux permettra de conserver purs de tous oxydes de fer, de plomb ou de cuivre, les *jus* destinés au tannage des peaux.

Enfin, dans le domaine si étendu de l'électricité (canalisation et applications générales), ces tuyaux constituent pour les conduits l'isolateur parfait en préservant les fils de tout contact avec des matières corrosives ou impures, et, surtout, en diminuant la grande déperdition des fluides pendant la transmission, par suite de l'augmentation de l'isolement de la ligne.

Ajoutons que toutes formes de tuyaux peuvent être obtenues (coudes, T, Y, U, syphons, etc.), ainsi que toutes dimensions en longueur et en diamètre.

Que la solidité de la couche de verre garnissant les tuyaux dans le système L. Bergier, permet à ceux-ci de résister aux changements de température les plus divers, ceci contrairement aux applications peu heureuses tentées jusqu'à ce jour : ainsi le collage par interposition d'une couche de ciment se brise facilement sous l'influence de la température, et les systèmes antérieurs ne pouvaient être utilisés qu'en tubes droits et non sous toutes les formes ci-dessus indiquées.

Enfin que la pression que peuvent supporter les nouveaux tuyaux vitrifiés Bergier est au moins égale à celle que peut supporter le tuyau métallique lui-même.

Une dernière considération qui a bien son importance : les prix de revient sont minimes.

C'est dire qu'en raison des nombreux et sérieux avantages qu'il présente, le système Bergier (tuyaux vitrifiés) est appelé à se développer considérablement.

Pièces de verre moulées par le procédé Siévert.

Ayant développé dans la deuxième partie de ce travail (aux chapitres I à IV) ce que nous savons des verres moulés, des verres spéciaux, nous ne croyons pas devoir y revenir ici, mais nous insistons tout particulièrement sur les nombreuses applications qui vont naître des procédés Siévert, aussi bien pour les emplois usuels, domestiques, que pour les applications hygiéniques aux constructions. Pour les revêtements extérieurs et intérieurs des habitations, ces pièces de verre minces, fabriquées en verres de toutes couleurs se prêteront très bien aux divers styles d'ornementation, de décoration et nous ne pouvons trop appeler à ce sujet l'attention des architectes.

Avant de clore ce chapitre nous voulons citer l'un des nombreux articles publiés en France, aussi bien qu'en Europe et aux États-Unis, sur nos publications relatives à l'emploi du verre de plus en plus généralisé pour la construction. Nous sommes même allé jusqu'à vouloir édifier une maison complètement en verre — avec ossature métallique. L'idée qui paraissait hasardée, prématurée, a fait son chemin; au lieu de rire de cette idée, on la discute, en attendant son application, sa réalisation, les usages du verre se sont multipliés, ils se développeront encore. Nous avons conscience d'avoir fait œuvre utile aussi bien au point de vue industriel qu'au point de vue de l'hygiène et nous citons à l'appui de notre thèse les critiques suscitées par nos travaux sur ce sujet :

LA MAISON DU XXe SIÈCLE

L'ARCHITECTURE ET LE STYLE. — LA MAISON DE VERRE. — LE CIMENT ARMÉ ET LES MATÉRIAUX DU FEU. — LA MÉTHODE NÉCESSAIRE.

« L'architecture est le plus social de tous les arts. Ayant dessein de satisfaire les besoins des hommes rationnellement, en beauté, elle en exprime l'état historique, et, dans une certaine mesure, peut-être, en conditionne le progrès. Une imagination logique, telle est l'essence du génie constructeur. Son principe n'est pas la ligne expressive mais l'adaptation de la matière aux besoins et de la forme à la matière. Psy-

chologue social, l'architecte ne doit pas édifier, pour la beauté de l'ordonnance, une symétrie idéale, mais collaborer à la vie tout entière. Comme il n'y a pas d'art mineur, il n'y a pas, pour lui, d'aspiration naturelle négligeable. Il y a l'Art et il y a la Vie ; et la Beauté, fin de l'Art, c'est, au total, de la vie plus vivante, c'est-à-dire plus intense et plus étendue. Psychologue social, l'architecte doit édifier pour l'homme en vue du groupe : pour la famille, la corporation, la commune, l'Etat.

« S'efforcera-t-il vers un style nouveau? Parodiera-t-il, comme on a vu, sous prétexte de « modernité », la ligne harmonieuse en paraphes, neurasthénisera-t-il l'accueil aux fers cinglants des portes, hérissant aussi de vertèbres folles les fenêtres des rêveries du soir? Comme si le style devait conditionner l'œuvre au lieu d'en totaliser les qualités essentielles ! C'est du « matériau » que naîtra la forme. Est-il nouveau, elle se trouvera nécessairement renouvelée. C'est pourquoi si l'on projette comme fait M. Henrivaux une *Maison de verre*, si l'on étudie la *Maison du XXe siècle*, la conception architecturale devra s'étendre des besoins à la forme, de la matière au décor. »

La maison de verre.

« Les métaux ayant été utilisés pour leur solidité, la sécurité qu'ils dispensent, leur élégance, l'ancien directeur de la Manufacture de Saint-Gobain estime que l'*âge du verre* est venu. Les progrès où il contribua aussi bien que les découvertes d'un Gallé et les productions de Tiffany l'en ont averti. Peut-être son vœu paraîtra-t-il prématuré si l'on songe à la médiocrité des applications qui ont été faites du fer à l'habitation privée, aux monuments publics eux-mêmes, et l'avenir possible de métaux inoxydables. L'ossature de la maison qu'il projette ne cesse point, au reste, d'être de fer, et cette carcasse de métal, il la remplit de ciment et de verre ; à la base, des panneaux de ciment ; plus haut, une double paroi de verre où circule l'air chauffé en hiver, en été l'air raréfié, distendu, refroidi, puis les canalisations, les fils télégraphiques, téléphoniques. Le ciment lui-même est revêtu de plaques de verre, de carreaux de *céramo-cristal*. Le verre, en mosaïques, couvre le sol. Les escaliers sont faits de céramo-cristal, avec des balustres de verre moulé. L'*opaline* des murs rejoint les mosaïques des ciels. Plus de planchers : des glaces dépolies. Le verre *imprimé* remplace le marbre des consoles

et des cheminées. Où l'on souhaite l'opacité, s'interposent les vitraux et les cloisonnés de métal. L'éclairage, partant, sera rationnel. Diurne, il planera des plafonds, rayonnera des parois ; artificiel, il tendra à se rapprocher des conditions de la lumière naturelle, c'est-à-dire diffuse par la distribution de rampes électriques derrière les parois. L'humidité, l'obscurité, la poussière sont exclues à jamais de ces surfaces sèches, claires et lisses. L'hygiène s'étend à la rue elle-même où la pierre de verre offre une résistance supérieure à celle de l'asphalte, des pavés de bois et de granit. »

Le ciment armé et les matériaux du feu.

« Quelque séduisants que soient ces projets, on ne peut se tenir d'y proposer quelques réserves. L'éminent ingénieur ne dit pas tout : par sa solidité, sa translucidité, la modicité de son prix et l'excellente isolation qu'offre le « matelas d'air » qu'elle renferme, la brique creuse de verre mériterait une importante utilisation. — Et peut-être en dit-il trop si le *céramo-cristal* quand il est neuf, par sa rugosité, fait éponge rigide aux microbes nocifs, et tend, par l'usure, à dégénérer en une sorte de « verglas perpétuel ».

« Contestable, de certains points de vue dans son adaptation au sol, le verre est, au contraire, tout indiqué pour le revêtement des parois. L'emploi du ciment armé, en effet, s'accroîtra sans cesse, et son aspect gris, sale, sa surface poreuse, veulent être dissimulés. Aux glaces, aux opalines que préconise M. Henrivaux, on peut ajouter les verres de vitrage avec application de ciments diversement colorés et qui permettent une grande variété de décors. Mais négligera-t-on la claire et souple beauté des grès ? Voici que M. Bigot, qui s'emploie à la propager, prévoit (conférence donnée à la Sociéte industrielle de l'Est) la construction de maisons ouvrières en briques armées *émaillées sur leurs deux faces*.

« Sans doute l'emploi de la céramique est coûteux ; mais il en est ainsi de tous les *matériaux du feu*, du verre aussi bien que du grès. Le prix en diminuera quand, au lieu de ces essais concomitants à d'importantes fabrications d'autres produits, les industriels s'attacheront spécialement à ces travaux, conquérant des débouchés nouveaux ; quand aussi par une juste prévoyance le propriétaire, les Sociétés d'habitations économiques croiront pouvoir par un premier sacrifice éviter les frais d'en-

tretien que nécessitait l'emploi de matériaux moins durables. Et enfin ne peut-on restreindre ces revêtements de verre et de céramique aux parties basses des parois et recouvrir les parties supérieures, moins exposées, de papiers gaufrés et de peintures mates économiquement décorées au pochoir ? On sait l'agrément de ces ornementations florales.

« Et cette observation nous conduit à des considérations esthétiques. La brochure de M. Henrivaux est pleine de vues ingénieuses et jusqu'en ses moindres détails, quand, par exemple, il prétend écarter le danger des explosions de dynamite ou rêve d'utiliser la lumière froide des animalcules phosphorescents. Mais il y flotte des souvenirs de ce Palais de Verre qui s'enlevait dans les massifs du Champ de Mars, à l'Exposition, comme un cauchemar de la Belle au bois dormant. L'auteur ne pouvait éluder la question du mobilier qui est à l'ossature de l'édifice ce que sont les organes au squelette. Or, il fait appel aux styles anciens. Viollet-le-Duc protestait contre les « anachronismes de pierre ». Le progrès ne serait qu'apparent si l'on y substituait un anachronisme de « pierre de verre ». Entre ces éléments architecturaux le divorce dissocierait les pierres mêmes du foyer. Il y aurait une *construction*, non pas une *maison*. »

La méthode nécessaire.

« M. Henrivaux souhaite un Mécène pour instaurer l'expérience luxueuse et compliquée de sa *Maison de verre*. Mais à s'embarrasser de décors de surcroît retient-on toutes les chances d'une conception logique ? La méthode peut sembler suspecte qui va du composé au simple. Il ne semble pas que l'histoire de l'architecture du bois, de la pierre, puisse l'autoriser. Pour l'architecture du fer, un exemple comme est celui de l'étrange luxe décoratif qui charge le pont Alexandre suffit à en dénoncer l'erreur. L'art s'éparpille dans le luxe et ne vit, ne vivra dans une société démocratique que sur la souche et de la souche populaire.

« Puis ne faut-il pas, selon Bacon, « choisir pour l'étude les objets les plus utiles en raison de la brièveté de la vie ? » Où il y a de toute évidence danger social ne portera-t-on pas ses efforts ? Douze cent cinquante deux mille personnes habitent à Paris dans des conditions antihygiéniques. Il n'est pas d'agglomération urbaine en France, en Europe qui ne présente le même terrible phénomène. Quand la tuberculose,

les épidémies, l'alcoolisme, les guettent, c'est l'individu, c'est la famille, c'est la nation, c'est la race en péril de déchéance et de mort.

« Construisons donc la maison du XXe siècle selon les principes rationnels, où il importe et pour qu'il importe. L'étude de M. Henrivaux, si elle n'est pas isolée mais se rallie à d'autres travaux n'en paraîtra pas moins intéressante. C'est à ces vues plus générales qu'il faut s'acheminer. Un projet de M. Charles Plumet servira de transition nécessaire à l'exposé de ce qu'on voudrait obtenir dans une première expérience matériellement réalisable, par une Cité de Solidarité et de Beauté : Géorgie. »

CHAPITRE IV

LE PALAIS LUMINEUX

Il nous souvient de longues conversations échangées avec le *Vitrarius-Ponsin* avant l'Exposition de 1900.

Ponsin, artiste dans toute l'acception du mot, qui vibrait comme une sensitive à la moindre impression d'art, avait l'imagination toujours en éveil et accueillait avec enthousiasme, comme avec cordialité, tous ceux qui lui ayant été présentés, avaient le sentiment artistique et voyaient dans l'art de la verrerie — en particulier, — autre chose que des gros sous à encaisser.

Vers 1897, nous échangeâmes nos idées au sujet de la construction d'une maison, d'un palais tout en verre. Ponsin me demandait si la réalisation d'une telle idée était possible, il y croyait.

Je l'engageais à réaliser ce rêve et à s'adresser aux artistes, aux industriels, capables de tenter, et très probablement de réaliser, tout ou partie de l'idée.

Notre regretté ami *Armand Silvestre* assistait à l'un de ces entretiens et quelques jours après notre entrevue, je lisais l'article que je ne puis résister à la tentation de reproduire ici.

Au pays du rêve. — « Je sors d'un véritable rêve, et d'heureux présages m'assurent que ce rêve pourrait bien être, avant trois ans, une réalité.

» Vous avez deviné qu'il s'agit d'une des merveilles auxquelles s'évertuent l'imagination et le génie de nos artistes pour l'année de l'Exposition universelle.

» Ah ! morbleu ! Ils n'y sauraient trop dépenser d'invention et de zèle. Car il est temps de nous promettre bien des choses pour remplacer celles qui s'en vont. Le sol de Paris est bouleversé sur bien des points ; on y voit se creuser des abîmes et s'effondrer des monuments pour donner les assises et faire place à des œuvres nouvelles.

» Et je vous avoue qu'actuellement ce spectacle me semble diablement mélancolique. Je ne passe pas, en particulier, sans un serrement de cœur devant le Palais de l'industrie éventré, déchiqueté, semblant un squelette avec ses ossatures de fer mises à nu. Là, entre ces murailles qui s'écroulent, tout un monde d'art avait évolué pendant un demi-siècle, des renommées avaient grandi, des gloires s'étaient consacrées, des chefs-d'œuvre avaient reçu le baptême de l'admiration publique. Que de grands souvenirs dans cette enceinte où l'on a si bien travaillé pour la gloire de la France et son relèvement devant la civilisation ! Falguière, qui partage ma tristesse de la voir disparaître, aurait voulu qu'on sauvât, au moins, la porte médiane qui est de très belles proportions et a les nobles allures d'un arc triomphal : « On saurait, » me disait-il, que bien des triomphes ont passé par là, dont la mémoire » vaut bien celle des batailles. »

» Oui, j'étais dans cette impression de pessimisme douloureux, voire quelque peu irrité contre la versatilité de nos goûts qui ne se complaisent pas longtemps aux choses qu'ils ont le plus admirées, quand je me rendis à l'invitation de mon vieil ami le grand inventeur de vitraux (*vitrarius,* comme il s'appelle lui-même, se réclamant de notre origine latine) Ponsin qui avait, me disait-il, à me montrer un curieux projet de sa façon.

» Je sors d'un véritable rêve.

» Ça, un projet ! Allons donc ! Non : un poème, le poème de la Lumière elle-même, car il s'agit d'un palais lumineux qui serait comme la chute d'une constellation au beau milieu des autres palais qui se joindront, dans un même reflet, aux deux rives de la Seine. J'en ai, par avance, comme un éblouissement. C'était comme une page des Mille et une Nuits qu'il commentait devant moi, en m'exposant d'abord sommairement son idée. Une idée simplement géniale : celle d'un édifice complètement transparent et donnant l'aspect d'un harmonieux amoncellement de gemmes. Pas une muraille dressant son épaisseur dans ce

noble arrangement de lignes. Partout la limpidité du cristal où les clartés s'irisent et se colorent comme aux heures de l'aurore ou du couchant dans les eaux fidèles d'un fleuve. Oui, voilà la conception première : une âme de feu habitant un corps translucide qu'elle mouvemente sans cesse par la mobilité des reflets ; le mariage infini des couleurs dans cette intensité particulière qu'elles atteignent seulement dans les pierreries quand celles-ci étincellent au soleil.

» — Voilà une belle vision, mon ami, dis-je à Ponsin, et vous y avez dû goûter une vraie joie de poète.

» — Une vision ! dites une réalité, mon cher ! me répliqua-t-il avec une vivacité presque gouailleuse. Moi, un poète ! Vous fichez-vous de moi ? Un ingénieur, Monsieur, un véritable ingénieur !

» Et il courut à un immense carton dont il me tira, en vingt planches soigneusement étiquetées, plus une planche récapitulative où l'ensemble apparaissait, son projet tout entier, aussi mathématiquement graphique que dans une épure, noir des cotes numérotées comme un plan d'architecte ! Non ! tout cela n'était pas demeuré dans sa tête, comme les chimères où nos paresses se complaisent quelquefois. Il l'a traduit de sa main d'artiste, presque d'ouvrier. Il n'attendait plus que la mise en œuvre. Tout est prévu, tout est réglé et le devis établit, par avance, la balance des comptes.

Fig. 145. — Première idée de Ponsin.

» J'aurais dû croire que je rêvais de plus en plus, mais non ! Ce diable d'homme ne me faisait pas grâce d'un détail technique et faisait, bien imprudemment d'ailleurs, appel à mes connaissances scientifiques de polytechnicien, s'adressant tour à tour à l'élève ingénieur et à l'ancien chimiste. Tout cela était pratique, effroyablement pratique, et je suis convaincu maintenant que cela sera.

» Tenez, j'ai sous les yeux ce croquis que je lui ai volé, et qui est en même temps une charmante aquarelle. C'est sur une cascade de feux multicolores que l'immense pavillon aux parois de diamants, d'émeraudes, de topazes et de rubis... que sais-je encore, ou plutôt que ne sais-je pas, étant un détestable joaillier, semble posé comme une île aux végétations embrasées, reliée à la terre par quatre ponts formant rampes et dont de colossales statues adossent les parapets, projetant elles-mêmes des gerbes de lumière. Au seuil, que garde un balcon, féerique comme le reste et que surmontent aussi d'allégoriques figures, une magnifique image de la Nuit porte la sphère étoilée d'or.

» Une quintuple vision polychrome y attend le spectateur à qui apparaissent, dans des orientations différentes, l'Europe que noient les feux rosés de l'aurore ; l'Asie que brûle la poussière d'or des canicules ; l'Afrique où le soleil meurt dans un flot rouge de sang ; l'Amérique dans la vapeur d'hyacinthes pâles et de violettes des crépuscules ; l'Océanie enfin que la lune plonge comme dans une poussière à la fois étincelante et sombre de lapis-lazuli. Ainsi le vieux monde et les nouveaux font revivre, dans leur évocation plastique, ce que je pourrais appeler : les cinq âges de la Lumière.

» Si ce ne sont pas là les chants d'un admirable poème ?... Vous êtes avant tout, un grand poète, mon pauvre Ponsin, que vous le vouliez ou non.

» Et nous nous élevons ainsi, par une série de murailles étayées, jusqu'au clocheton oriental où des Renommées sonnent la fanfare à toutes les clartés à venir, jusqu'à la figure immense et qui semble suspendue en l'air par le plus ingénieux des artifices, foulant de son pied le globe terrestre et agitant en l'air deux torches aux flammes verticales comme des glaives. Je me sentais comme emporté par des ailes ouvertes dans l'Infini, quand mon interlocuteur éprouva le besoin de me jeter quelques chiffres à la figure. Ce monument aura trente mètres de haut et chacune de ses faces en mesurera vingt-cinq.

» Mais au diable l'arithmétique ! Eh bien ! si ce rêve se réalise, je serai curieux d'assister à votre apothéose... Hélas ! le *vitrarius Ponsin* mourût avant l'ouverture de l'Exposition et ne pût oser la réalisation de son rêve. Notre ami *Silvestre* le suivit de près dans la tombe ! »

Le Palais lumineux tout en étant un objet d'art monumental, construit par l'architecte *Latapy*, et auquel ont collaboré des artistes de mérite et de grands industriels, constitue en même temps la plus curieuse exposition de lumière par l'électricité, et la plus importante

exposition de verrerie et de glacerie combinées qui aient été réalisées. La glacerie de Saint-Gobain, à laquelle la verrerie Legras, de Saint-Senis, a été adjointe pour la fabrication des pièces en verre soufflé, a exécuté cet important travail.

Tous les styles se confondent et s'harmonisent avec un ensemble parfait dans le Palais Lumineux. La sculpture ornementale et la statuaire y trouvent également tout le déploiement désirable.

La façade principale présente l'aspect d'un immense portique et les toitures tourmentées en des formes gracieuses sont soutenues par de hautes colonnades en verre qui lui donnent une grande légèreté.

Qu'il soit vu de l'extérieur ou de l'intérieur, le Palais est complètement lumineux, et cela sans un point de feu visible dans la plus grande

Fig. 146.

partie. Il est entièrement construit en glace et en verre et plus de 12.500 lampes électriques sont habilement disposées pour fournir un grand foyer d'incandescence répandu à égales parties dans tout l'édifice.

Les escaliers s'y déploient dans toute leur grâce et les dessous sont ornés par des enroulements de plantes grasses aux tons glauques, qui laissent aux gradins toute leur resplendissante blancheur combinée avec des effets de nacres, de conques, de coquilles formant balustrades.

Un curieux contraste se produit entre l'extérieur et l'intérieur du monument: par suite de combinaisons architecturales, le grand hall semble avoir des proportions bien plus vastes que ne comporte le Palais vu de l'extérieur. A l'intérieur de ce hall sont des attractions multiples.

Les colonnes qui semblent être de marbre transparent et les chapiteaux d'or qui forment les premiers plans lumineux reposent sur un tapis de Smyrne aux chatoyantes couleurs, également translucide. La voûte est formée d'un immense voile d'or, artistement décorée d'émaux vitrifiés transparents du meilleur effet.

Mentionnons les grandes draperies en perles taillées, représentant des soleils et formant portières pour les trois grandes baies des façades principale et latérales et les petites baies de côté.

Au surplus, chaque partie du Palais est curieuse à voir : leur succession et leur rapprochement en font un ensemble harmonieux.

Sur les côtés Est et Ouest, les deux grandes grottes qui surmontent les immenses vasques de verre sont formées d'amas de monolithes, laissant apercevoir des cascades d'eau et de buée.

La façade postérieure de l'édifice ne ressemble en rien aux autres ; la grande baie est remplacée par une rotonde en briques de verre de couleur dont l'éclat s'harmonise délicatement avec celui de l'extérieur et de l'intérieur du Palais.

La grotte souterraine est formée de rochers de glace hérissés de stalactites, desquels émane, comme d'une voûte mystérieuse, une chatoyante phosphorescence.

Dans cette grotte les visiteurs peuvent, à leur aise, se rendre compte de la façon dont on souffle le verre, d'habiles ouvriers souffleurs de verre montrent au public tout le secret de cette fabrication spéciale.

Le monument est entouré d'élégantes terrasses, abritées par des toitures de tuiles lumineuses, également supportées par des colonnes

torses, le tout rattaché par des ornements qui semblent fleurir sur le monument lui-même.

L'ensemble est agrémenté de guirlandes de fleurs aux riantes couleurs s'échappant de nombreux vases ajourés surmontant les pilastres des escaliers, et qui convient les visiteurs à pénétrer dans la demeure qu'elles seules peuvent avoir créée.

Ce Palais lumineux fut l'une des attractions de l'Exposition universelle de 1900. Les architectes, le public ont vu par la réalisation de cette idée que l'emploi du verre peut et doit se généraliser ; notre conviction c'est que l'on fera encore plus et mieux par la suite. L'idée de généraliser l'emploi du verre fait son chemin, et si en 1900 le procédé Siévert avait été appliqué industriellement, le palais lumineux eût été complété, bien des détails importants qui ont été laissés de côté à cause de difficultés de fabrication eussent été réalisés. Nous comptons bien le démontrer à l'occasion.

NEUVIEME PARTIE

VERRERIE ARTISTIQUE

CHAPITRE PREMIER

L'ART DES VITRAUX

Sa renaissance au XIXe siècle. — Coup d'œil sur son histoire. — Comment il apparut à l'Exposition universelle de 1855, et aux suivantes de 1862, 1867, 1878, 1889 à 1902. — Les vitraux céramiques. — Le verre américain. — Progrès au point de vue technique.

On peut diviser en deux périodes, d'égale durée, l'histoire du vitrail depuis cent ans.

Dans les dernières années du XVIe siècle, la décadence de la peinture monumentale sur verre se manifeste, et son agonie se déclare au XVIIe siècle jusque vers 1840.

Une résurrection de cet art apparaît vers 1830, mais c'est seulement, comme conséquence des études archéologiques, encouragées par Guizot et de Salvandy qu'une vie nouvelle se manifeste pour rendre à cette partie de l'art décoratif l'importance que la transformation de l'architecture, le dédain des saines doctrines dans les moyens d'exécution lui avaient fait perdre.

Pour la clarté de ce qui doit suivre, rappelons à grands traits les phases par lesquelles a passé depuis le moyen-âge l'art du verrier. Pendant des siècles le vitrail a été le complément nécessaire de l'architecture sacrée. En effet, par la nature de la matière qui le compose, le vitrail colorié a une influence certaine sur la physionomie de l'édifice qu'il décore. S'il est mal compris, l'effet des formes architecturales peut

s'en trouver modifié, et les fait valoir au contraire, lorsqu'il est conçu avec intelligence. Dans le premier cas, il blesse le regard, dans le second il constitue la plus merveilleuse décoration d'un monument percé de nombreuses et vastes fenêtres.

La loi fondamentale de la peinture décorative repose sur une convention établie pour la satisfaction des yeux, qui recherchent bien plus la décoration rationnelle d'une construction ou d'un objet d'usage que la sensation des réalités de la nature. Il y a donc un abîme entre le vitrail et le tableau. C'est pour avoir essayé de franchir cet abîme que l'école moderne, héritière de la Renaissance italienne, a fait dévier l'art de la décoration de la voie qui lui était tracée par le bon sens.

C'est au XIIe siècle que le rôle du vitrail a été le mieux compris. Les artistes de ce temps avaient — nous dit Ed. Didron — une admirable entente de l'harmonie des couleurs, dont l'éclat tempéré convenait aux formes simples et robustes de l'architecture romaine. Sur le verre aux tons variés, le peintre appliquait un trait noir pour dessiner une figure ou un ornement; il soutenait ce trait avec une demi-teinte plate constituant un modèle rudimentaire, le seul qui laissât aux formes exprimées leur effet exact à distance.

Au XIIe siècle, avec le style moins austère des édifices, l'éclat des vitraux augmente ; la coloration est plus pétillante, plus énergique, sans nuire à l'harmonie générale ; elle a plus de richesse encore, parfois au XIVe siècle, car on emploie le verre rouge avec une certaine prodigalité à cette époque. Jusque-là le système d'exécution reste le même ; mais le trait du dessin devient plus faible et la demi-teinte qui le souligne tend à prendre beaucoup d'importance, les figures perdent leur calme hiératique et affectent des mouvements accentués, élégants, qui accusent la préoccupation des artistes de se rapprocher de l'imitation de la nature, c'est un commencement de réalisme dont les conséquences vont être considérables.

La découverte du jaune à l'argent (1), son emploi pour colorer au feu de moufle, les verres grisâtres sera, à la fin du XIVe siècle, la cause d'une révolution dans l'art du vitrail, c'est l'indice de l'emploi prochain des émaux de toute couleur. Cette découverte utile sera par la suite d'un emploi exagéré.

Au XVe siècle, les saints personnages représentés sur verre teinté d'un blanc doux, ont les cheveux, les barbes, les coiffures, les bijoux, les

(1) Léon Appert. *Note sur les verres et vitraux anciens*, petit in-12, chez Gauthier-Villars, 1896.

galons et broderies des vêtements peints en jaune. Les figures se détachent vivement sur un fond bleu ou rouge, divisé par une draperie damassée, verte ou pourpre.

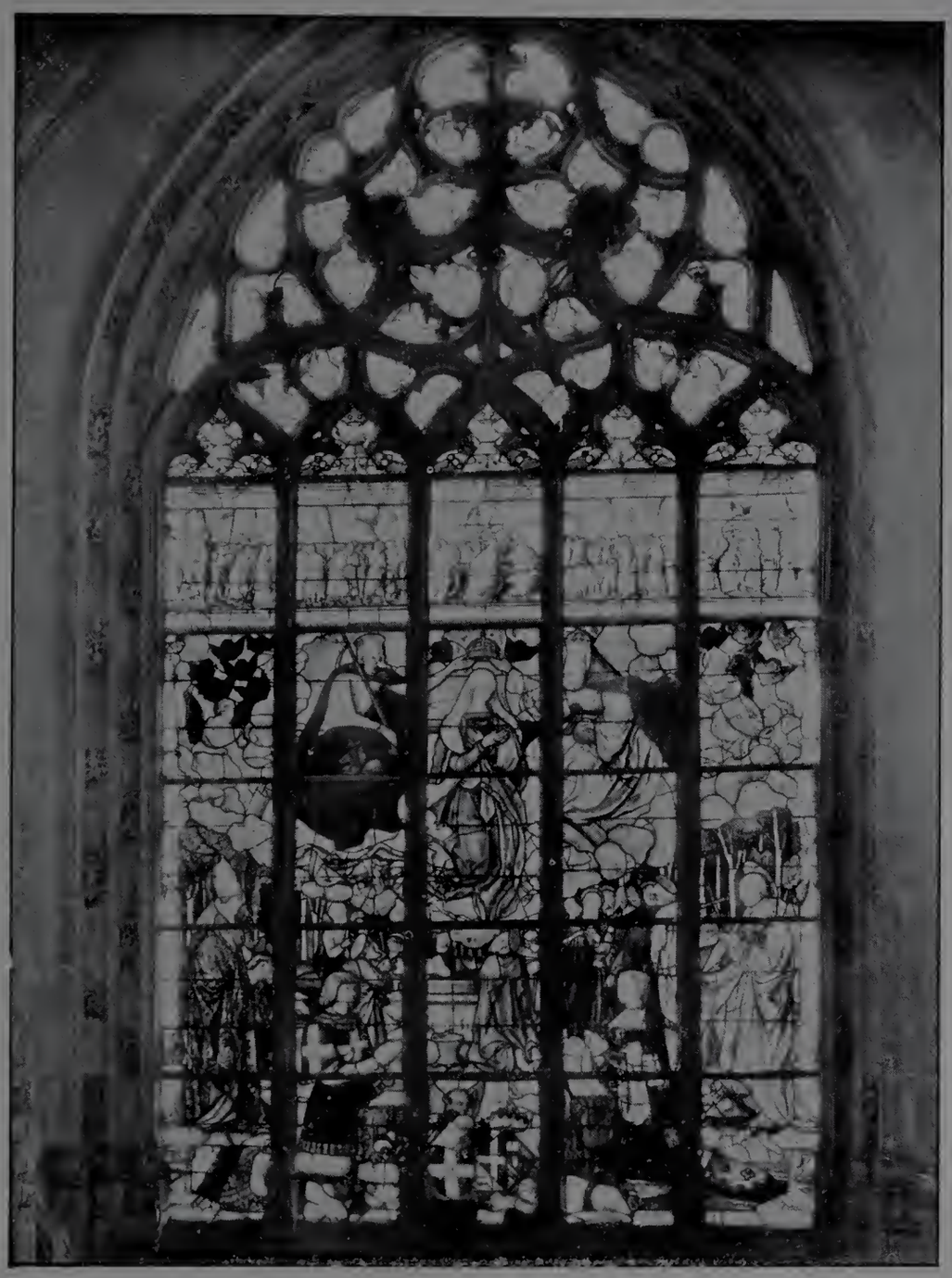


Fig. 147. — Vitrail du XVIe siècle.

Au XVIe siècle le vitrail devient, dans une certaine mesure un tableau translucide qui ne respecte plus les formes architecturales. Les scènes se compliquent et s'étendent sans tenir compte des meneaux de pierre. Cependant une bonne exécution et la beauté des tons du verre impri-

ment aux verreries de cette époque un aspect décoratif de genre spécial qui en fait oublier les défauts et en explique le succès.

En général la coloration dans toute l'épaisseur du verre est un principe essentiel du vitrail, elle complique la petite dimension des pièces et la multiplicité des plombs, qui en accusant les formes, donnent à l'œuvre un caractère propre.

A la fin du XVIe siècle, l'usage des émaux commence à se substituer peu à peu au verre colorié dans la masse. Les artistes suppriment alors le plomb autant que possible aidés qu'ils sont par l'emploi du verre colorié superficiellement dont les dimensions sont plus grandes. Alors apparaît la gravure à la roue qui apporte des effets nouveaux. L'artiste veut alors faire d'une verrière un véritable tableau, considérant le plomb non comme un secours, mais comme un embarras, les peintres verriers divisent le vitrail en panneaux; une partie importante de la coloration est obtenue au moyen d'émaux. Ce sont là les vitraux peints tels que ceux de Sainte-Gudule de Bruxelles, exécutés sous la direction et d'après les cartons de Rubens.

L'effort a dépassé le but, le vitrail disparaît de la décoration des édifices publics. Il semble, que le dégoût soit né de l'impuissance dans laquelle on se trouvait d'atteindre un certain idéal. Quelques années suffisent, au cours du XVIIe siècle, pour compléter cette décadence et faire oublier non seulement bien des procédés usités en peinture sur verre, mais aussi la fabrication du verre de couleur.

Sous Louis XIV, on se contente de vitraux blancs, avec mise en plomb affectant des formes géométriques, pour décorer les baies de la chapelle royale de Versailles. Ces verrières sont encadrées par des bordures fleurdelisées teintes avec le jaune d'argent. Des armoiries, des initiales entrelacées, le chiffre de Dieu, celui de la Vierge Marie, des têtes d'anges, des emblêmes, une inscription, une date, toutes choses intercalées dans cette vitrerie, comme à Saint-Sulpice de Paris, et à la cathédrale d'Orléans, voilà l'unique genre de décoration sur verres que les spécialistes de la fin du XVIIe siècle et tout le XVIIIe siècle se permettent dans les églises.

La déviation du sens décoratif par la recherche de l'imitation banale des réalités n'est pas la seule cause de la décadence du vitrail; il faut aussi tenir compte de la transformation des idées et des mœurs depuis le commencement du XVIe siècle.

Le vitrail n'a pas trouvé de formule laïque en se dégageant de ses liens religieux. Les vitraux civils d'une certaine importance, qui ont pu

être assez nombreux sous François Ier et Henri II, n'ont pas déterminé un mouvement sérieux et durable. Le vitrail profane suivit la mauvaise fortune du vitrail sacré, mais en lui restant inférieur.

Au milieu des désastres sociaux et des guerres qui amoncelèrent tant de ruines, le vitrail ne trouva pas l'occasion de se manifester de nouveau. Puis les efforts se concentrèrent sur l'application de l'art aux besoins matériels.

Au XVIIIe siècle, on affectait de mépriser l'art du moyen âge. La peinture sur verre ne pouvait être exceptée de l'ostracisme qui frappait l'architecture et les arts auxquels celle-ci a donné naissance.

Les peintres verriers furent souvent à cette époque les exécuteurs de certains actes de vandalisme; chargés d'entretenir, même de renouveler les clôtures des fenêtres d'églises, ils ont détruit une quantité de vitraux anciens très précieux, pour leur substituer leurs propres ouvrages, généralement constitués par une blanche vitrerie encadrée d'une bordure peinte. Les vitraux de Saint-Méry, belles verrières de la Renaissance, furent ainsi mutilés. Là, comme dans beaucoup d'autres monuments on enleva des verrières et on les remplaça par des panneaux de maçonnerie, c'est ce qui eut lieu encore pour des vitraux du XIIIe siècle qui décoraient le chœur de Notre-Dame de Paris.

Sous Louis XVI, on ne s'occupe plus de décorer les églises ni d'entretenir leur ornementation, l'attention publique est dirigée d'un autre côté.

L'art des vitraux était donc mort en France, à la fin du XVIIIe siècle. Les verriers éteignaient leurs fours. La fabrication du verre de couleur se limitant à de vulgaires teintes bleues, jaunes et violettes, pour orner les kiosques de jardin et des enseignes de vitriers, on oublia ses procédés.

La Convention ayant décrété la fonte des vitraux d'église pour en extraire l'or qui les colorait en rouge, le chimiste Darcet fit l'analyse de ces verres rouges, trouva qu'ils n'étaient pas colorés par l'or, mais par des traces de cuivre et de fer et les vitraux furent en partie épargnés. Le verrier Bontemps retrouva en 1826 l'art de colorier en rouge le verre.

Dihl, en 1800, fit à la manufacture de Sèvres, des essais de peinture sur verre, c'était une assimilation du vitrail au tableau.

La résurrection de l'art du vitrail s'opéra par les moyens qui avaient amené sa mort; l'abus de la peinture sur verre, l'emploi exclusif des émaux amena une réaction. En 1821, par ordre du roi Louis de

Bavière, les verrières de la cathédrale de Ratisbonne furent faites en verres de couleur dont le rouge au cuivre fit partie.

Fig. 148. — Carton du vitrail dessiné à l'Ecole des Arts industriels de Carlsruhe, sous la direction du peintre H. Gohler.

En 1829, le roi Louis, qui avait créé un atelier de vitrerie artistique à la mannfacture royale de Munich, fit exécuter trois verrières pour la cathédrale de cette ville. L'insuffisance de vigueur de coloration donna aux Allemands l'idée de dépolir la surface extérieure du verre, ce qui amena une quasi-opacité ; de plus, l'absence de goût pour l'harmonie des couleurs donnait à l'ensemble de ces œuvres un aspect rude et vulgaire qui fût critiqué par les Allemands eux-mêmes.

En 1828, on fit à l'atelier de vitrerie de la manufacture de Sèvres des vitraux, dont quelques-uns furent fabriqués en verre peint, d'autres en verre teint.

Bontemps, après sa découverte du verre rouge, installa à sa verrerie de Choisy-le-Roi un atelier de peinture sur verre qui devint célèbre.

En 1847, lors de la restauration de la Sainte-Chapelle, à Paris, un concours fut institué pour réparer et compléter la merveilleuse collection de verrières éclairant l'édifice. Neuf artistes concoururent : Henri Gerente fut choisi, mais il mourut avant d'avoir pu commencer ce travail qui fut alors confié à Lusson, et Louis Steinheil fut chargé de dessiner les cartons et de surveiller les travaux.

Les artistes de cette époque profitèrent des études faites sur les procédés employés par les peintres verriers du XIIIe siècle, par les artistes de talent qui réussirent la restauration des vitraux de la Sainte-Chapelle, et la fabrication du verre de couleur fit à cette occasion des progrès considérables.

L'art du vitrail prit son plus grand essor au début de la seconde moitié de ce siècle. En France, en Allemagne, en Angleterre un grand nombre d'architectes, émules ou disciples de Pugin, facilitèrent la renaissance de la peinture sur verre, en construisant ou restaurant des églises et des châteaux. Le XIIIe siècle fut en honneur en France, en Angleterre, où le XIVe siècle a été surtout florissant, on adopta le style de cette époque.

La Belgique adopta, pour la décoration de ses cathédrales, le style des XVe et XVIe siècles.

Les Allemands furent plus éclectiques, aussi ils produisirent des œuvres pour la plupart sans caractère et sans distinction.

Pour la première fois à l'Exposition de 1855 des œuvres furent signalées, et cette exposition eut pour la peinture sur verre l'intérêt considérable de résumer les efforts effectués en sens divers pour ressusciter ce grand art décoratif et de les faire apprécier par un public d'élite.

Les peintres remarqués furent MM. Coffetier, Vincent-Larcher, Lusson, A. Gérente, Didron, puis Oudinot. Ces mêmes peintres figurèrent avec honneur, ensuite aux Expositions universelles de 1862-1867-1873.

Après 1855, on travailla partout avec ardeur.

L'administration des monuments historiques et celle des édifices diocésains faisaient de nombreuses commandes.

Les travaux de restauration des anciens monuments se multiplaient et facilitaient l'étude plus approfondie des procédés techniques.

A l'Exposition de 1867 l'installation des vitraux fut déplorable. Néanmoins on y comptait 55 peintres verriers, dont 30 Français, 18 Anglais, 2 Autrichiens, 2 Allemands, 2 Belges, 1 Italien.

Parmi les exposants français, les vitraux archéologiques étaient nombreux. On remarquait les vitraux de Coffetier. Puis l' « Arbre de Jessé » de MM. Goglet, Queynoux et Pouget, d'une coloration remarquable. Puis l' « Artiste » de Maréchal, de Metz. Aussi une restauration d'une verrière du XVIe siècle, par Oudinot. Puis encore l' « Adoration des Mages » de M. Rardman (de Birmingham), œuvre de grand style et de coloration harmonieuse.

En 1878, 79 peintres verriers exposèrent : 56 Français, 11 Anglais, 7 Belges, 2 Autrichiens, 1 Hollandais, 1 Suisse, 1 Canadien (1).

L'importance de cette exposition spéciale attira l'attention des praticiens de tous pays, qui trouvaient dans ces ouvrages, d'une très grande diversité, des éléments d'étude exceptionnels.

Pour la France, si la peinture sur verre d'ordre religieux ne paraissait pas comporter une transformation radicale, il parut plus aisé de trouver des applications nombreuses, différentes de celles qui avaient été jusque-là en usage dans la décoration des édifices civils et des habitations.

Le verre, qui se prête si bien à toutes les fantaisies et se plie à tous les besoins, fut mis plus en valeur. La pâte fut torturée pour satisfaire l'imagination des artistes et la mettre au service de combinaisons innombrables. La fabrication du verre s'est développée et perfectionnée de façon extraordinaire depuis quelques années. L'Angleterre eut l'initiative de cette marche en avant, la France suivit de près et l'Amérique

(1) Nous ne devons pas refaire ici le compte rendu des expositions du siècle, le lecteur aura recours pour cela aux rapports officiels publiés à la suite des expositions. Nous voulons seulement indiquer ici l'importance des expositions, et nous empruntons simplement la méthode consistant à décrire l'état de la peinture sur verre à notre époque en la prenant aux expositions réunissant les principaux spécialistes de l'Europe.

Fig. 149. — Saint-Michel. — Vitrail carton de E. Grasset; exécution de F. Grandin.

est venue apporter son contingent d'idées neuves qui tentent de s'imposer à la mode européenne.

L'Exposition de 1889 mit en relief un verre d'aspect nouveau dit verre *américain*, dont l'usage est considérable aux Etats-Unis ; verre strié, replié, froissé, tourmenté, marbré, nacré, moucheté de tons variés qui l'irisent parfois de toutes les couleurs du prisme, ce verre est une curiosité par les effets qu'il est susceptible de produire; employé avec intelligence il charme les yeux, employé inconsidéremment il devient insupportable.

Une application remarquable de ce verre était faite en 1889, par M. Galland, dans la galerie du mobilier, en un plafond en verre éclairant le salon exposé par M. Kriéger.

En somme, le mérite des vitraux envoyés à l'Exposition de 1889 paraît avoir été en raison inverse de leurs dimensions.

Cette exposition n'a pas mis en évidence les progrès qui ont été accomplis depuis 1878; elle n'a pas montré une œuvre de réelle importance, mais elle a permis de constater en certains cas l'habileté d'exécution des peintres français et anglais dont témoignaient les vitraux exposés.

Ici nous ouvrirons une parenthèse pour nous arrêter un instant à un genre de vitraux imaginés par un ingénieur, M. Fargues, qui les dénomme vitraux céramiques.

Pourquoi cette appellation de « *Vitraux céramiques* ? »

Parce que sur une matière, qui est le verre, Fargues applique les procédés connus et déjà employés pour d'autres matières, telles que la faïence, le grès, la porcelaine appelés produits céramiques.

Pour obtenir ce résultat, il fallait d'abord soumettre ce verre à une chaleur supérieure à celle connue des peintres verriers, là était la grande difficulté. Ensuite il restait à trouver une palette de verres transparents pouvant s'assimiler à ce verre.

Nous n'avons à nous occuper ici que des avantages, découlant de cette fabrication nouvelle, au point de vue artistique.

Comparons donc avec ce qui se faisait anciennement.

Les premiers verriers pouvaient être assimilés à des mosaïstes, opérant avec des morceaux de verre réunis par des plombs. De cette nécessité ils ont tiré des effets très artistiques. Leur art progressant, ils ont donné la vie à ces mosaïques en peignant à l'aide de grisailles, des figures, des vêtements et des motifs de décoration. Plus tard ils produisirent aussi de véritables tableaux s'éloignant ainsi du but véritable de l'art des ver-

riers : au lieu de travailler avec du verre ils ne travaillaient plus que sur du verre avec des grisailles, du jaune à l'argent et quelques couleurs.

Le verre perdait ainsi sa transparence, ou à peu près ; il ne supportait plus que des images.

Cependant quelques peintres verriers, plus sages et plus artistes, ont conservé les vieilles traditions ou y sont revenus, et le bel art du verrier n'est pas perdu.

A ceux-là M. Fargues dit : «Les verres de couleurs que vous mosaïquez si habilement ont été liquides dans le creuset du maître verrier qui les a produits. Vous les avez peut-être vu couler rutilant sur la table de l'ouvrier. N'avez-vous pas en ce moment le désir immense de les manier aussi liquides et de les mélanger entre eux pour les appliquer à votre œuvre et lui donner ainsi toutes les variétés et toutes les intensités de tons que votre inspiration rêvait pour le but final, de même que le peintre manie avec sa brosse la couleur sur sa toile ? Eh bien ! ces beaux verres refroidis et broyés, se laissent manier sur le verre blanc aussi facilement que les couleurs sur la toile, avec cette différence que votre vernissage, à vous, vous sera donné par le feu, par le feu si docile quand on sait le manier ».

N'est-ce pas là l'idéal du peintre verrier ? Produire immédiatement sur sa palette à l'aide de quelques couleurs fondamentales, les tons les plus variés prévus ou imprévus, leur donner toutes les intensités, toutes les clartés, tous les fondus, les rendre à volonté caressants ou violents, suivant qu'il s'agira de rendre par exemple la fleur avec toute sa douceur ou la tempête avec toute sa violence. Que de ressources pour le vitrail religieux, pour nos vitraux d'appartements auxquels on demande la gaîté et la lumière !

De ce qui précède ne doit-on pas conclure que c'est bien plutôt le goût que l'art lui-même, que la technique, qui est en pleine décadence?

Nous ne pousserons pas plus loin l'examen des plus récents vitraux exécutés en France ou à l'étranger. Dans un travail récent publié sur la verrerie à l'Exposition universelle de 1900 (1), nous avons rendu compte des vitraux exposés et nous y renvoyons le lecteur ; mais nous croyons devoir reproduire ici ce que nous écrivions sur les vitraux américains, et l'impression que nous a causé l'exposition des vitraux. Ce sera notre conclusion à la fin de ce chapitre.

(1) *La Verrerie à l'Exposition Universelle de 1900* par M. J. Henrivaux publiée dans la *Revue technique de l'Exposition*, chez E. Bernard et Cie, éditeurs, quai des Grands-Augustins, Janvier 1902

M. Tiffany, de New-York, s'est fait l'infatigable apôtre de verres spéciaux. Tant que le vitrail ne sortait pas du sanctuaire, l'emploi du verre ancien était sans doute de tradition, de règle ; mais le vitrail s'est, lui aussi, en quelque façon, laïcisé ; il n'a pas déserté le temple, mais il a cru pouvoir, sans renier Dieu, se mettre à la disposition des hommes, pour orner et décorer les demeures des mortels fortunés. On ne va pas aux fêtes religieuses dans des costumes absolument semblables à ceux dont on se revêt pour les fêtes mondaines ; certes, le bon goût est partout de rigueur ; mais, tandis que là, décence, retenue, sévérité dictent leurs lois, ici, l'éclat, la fantaisie, le caprice même sont non seulement tolérés, mais encore recherchés et admirés. Or, le verre allant aujourd'hui dans le monde, s'est, volontiers et nécessairement, fait fantaisiste et capricieux (fig. 150). Prestigieux verrier, orfèvre, poète, peut-être peintre, M. Tiffany a rêvé d'un art nouveau, à la fois grave et éblouissant, qui mît le verre en état de remplir son rôle moderne. Il a, nous semble-t-il, réalisé ce rêve ; il a orné nos escaliers et revêtu nos demeures de splendeurs que les élégances antiques ne soupçonnaient pas, et avec ses merveilleuses mosaïques de verres il a évoqué, il a créé des beautés en parfaite harmonie avec les somptuosités d'un pays jeune, riche, fier, dont les libres citoyens ont, par leur intelligence et leur activité, acquis des fortunes bien souvent supérieures à celles des rois et des empereurs. Nous applau-

Fig. 150. — De Feure : Vitrail en verres dits « Américains »

dissons donc à l'emploi du verre nouveau, tel que l'a conçu M. Tiffany. Nous nous faisons un plaisir et un devoir de rappeler, qu'il y a deux ans déjà, au Salon, M. Tiffany exposa une magnifique cheminée (fig. 151).

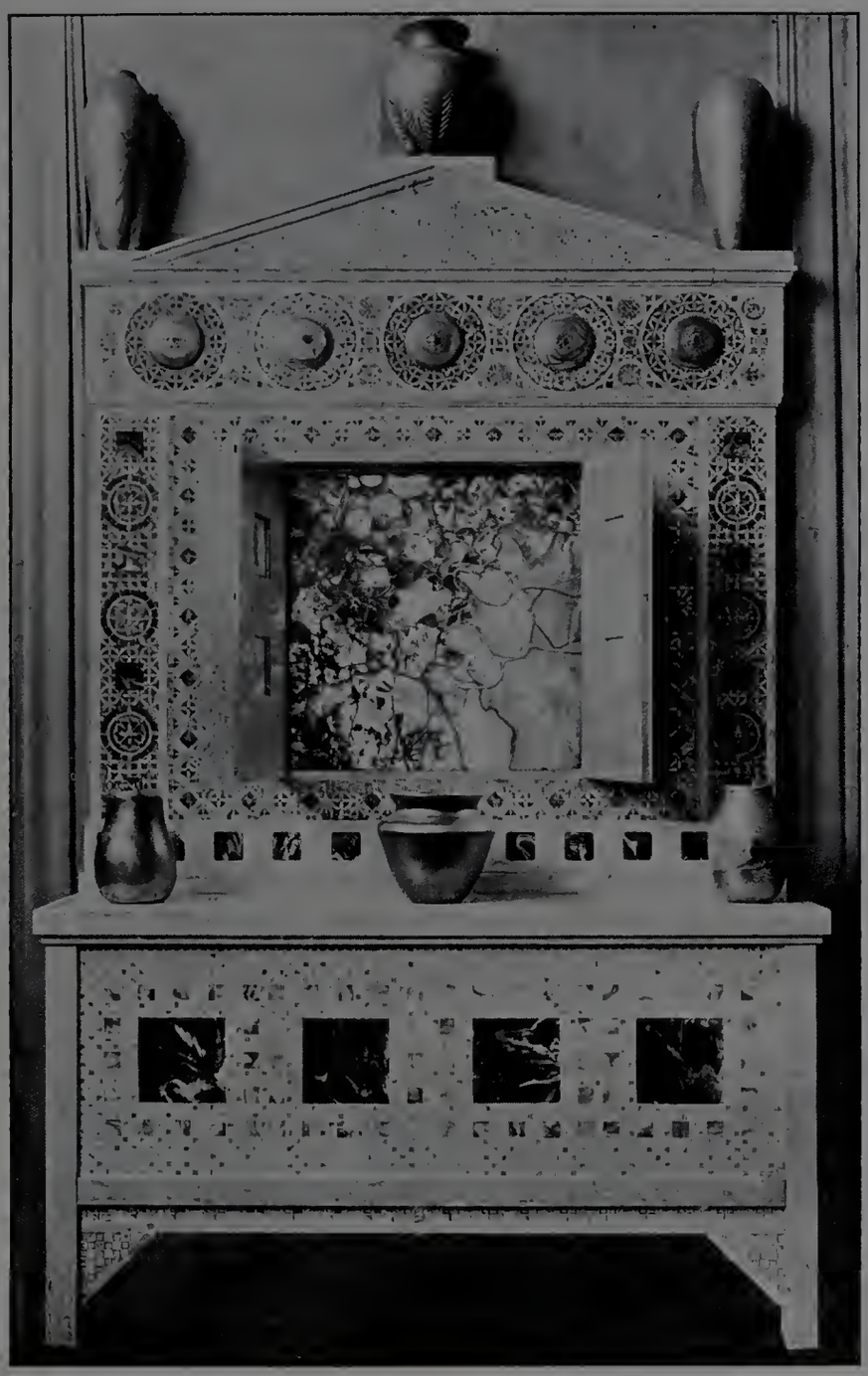


Fig. 151. — Cheminée en céramique de verre exécutée par M. Tiffany.

où le mélange judicieux et brillant de la céramique et du verre excita autant d'admiration que de surprise.

Pour conclure, nous pensons que l'art du vitrail doit se transformer, en ce sens qu'avec les applications nouvelles, avec la généralisation des

vitraux aux usages domestiques on ne doit pas être trop sévère pour les nouveaux venus. Nous estimons que l'on doit les juger sans les comparer aux anciens vitraux d'une allure plus savante, plus artistique. Ces nouveaux venus se feront admettre, et au lieu de les regarder d'un air morose, nous devons encourager les auteurs de ces nouvelles applications, les féliciter de leurs efforts pour nous faire admirer le verre sous de nouvelles formes, sous des aspects neufs.

L'art du dessin est plus en honneur que jamais; les verriers ont fait assurément de très réels progrès, les efforts se centralisant, se réunissant, il en résultera des produits, des œuvres qui coopèreront à l'amélioration de nos habitations, voilà un résultat pratique qui a bien son importance, j'imagine ; félicitons-nous et félicitons tous ceux qui y contribuent et qui travaillent dans le but de l'assurer. L'avenir c'est la vie, et le progrès aussi.

Un inventeur, déjà connu par son procédé de fabrication de la « pierre de verre » — M. L. Garchey — a créé un nouveau genre de vitrail, vitrail original et croyons-nous appelé à un grand succès, car le prix de revient en est très réduit. Ce procédé Garchey est breveté sous le nom de *Procédés de photographie en couleurs par pellicules uniques renforcées.*

Les développements successifs s'obtiennent à l'aide d'émaux fusibles et les produits obtenus sont intéressants. On obtient principalement des tons très riches par la superposition d'émaux de différentes teintes.

Tous les procédés de photographie par poudrage décrits jusqu'à présent ont pour base les solutions aux bichromates dont la découverte est due à Poitevin.

L'inconvénient principal de ces solutions est la *fragilité de la pellicule* qui, au lavage, disparaît ou s'altère la plupart du temps, *entraînant avec elle l'image photographique.*

L'invention dont il s'agit a tout d'abord pour but de *renforcer cette pellicule* en incorporant à l'émulsion un support ou renforçateur.

On obtient alors une toute autre émulsion que l'on emploie pour sensibiliser les plaques, qui peuvent ainsi après le développement de l'image au moyen d'émaux fusibles, subir sans inconvénient plusieurs lavages acidulés et répétés, permettant d'émulsionner et de traiter de *très grandes pièces, chose impossible avec les systèmes anciens.*

En outre, pour certains travaux et notamment pour l'application de la photographie en couleurs pour des tirages en plusieurs teintes, il est nécessaire d'isoler la pellicule impressionnée et développée entre deux

tirages consécutifs. *Cet isolement constitue la seconde partie essentielle de ladite invention.* Mais, le principe fondamental de ce procédé photographique breveté repose surtout dans le renforcement de la pellicule *au sein même de l'émulsion.*

Ce genre de vitrail permet d'utiliser avantageusement les nouveaux verres « coulés-imprimés », que l'industrie produit depuis dix ans. Ces verres imprimés, en dispersant les rayons lumineux augmentent l'intensité de coloration tout en la diffusant.

CHAPITRE II

L'ART DE L'ÉMAIL ET SA RENAISSANCE AU XIXe SIÈCLE

L'Email règne en maître dans le décor moderne ; nous en trouvons la preuve dans une foule d'œuvres charmantes qui resplendissent aux vitrines de nos grands bijoutiers. Nous l'avons vu aux dernières expositions, là où les admirables vases et les gracieuses broches de Thesmar, sans parler des orfèvreries de MM. Bapst et Falize ont fasciné les visiteurs. L'incomparable Lalique l'emploie aussi avec bonheur dans nombre de ses créations.

Il est bien entendu que l'émail considéré dans ses applications à l'orfèvrerie et à la bijouterie ne saurait être confondu avec l'émail qui sert à décorer la céramique ou les vitraux ; les effets sont tout autres... L'emploi est différent, les résultats aussi.

Cette apothéose où nous voyons l'émail à l'heure actuelle est l'œuvre d'un demi-siècle, aujourd'hui sa place est conquise ; elle ne fera que s'accroître, et les industries les plus riches, comme les plus communes vont devenir ses tributaires.

L'histoire de l'émail a été faite avec érudition par des savants tels que de Laborde, de Lasteyrie, J. Labarte, Alf. Darcel, M. Molinier, etc. Sans refaire complètement l'historique de l'émail, cette branche de la décoration artistique moderne est assez importante pour que nous nous y arrêtions et pour que nous résumions ici ce qu'est devenu l'émail depuis son origine, ce que l'on est en droit d'en attendre encore depuis qu'il

est passé du domaine de l'art, de la fantaisie artistique jusqu'aux plus humbles applications industrielles modernes.

Entre les émaux, on distingue :

Les émaux cloisonnés ;

Les émaux champlevés ;

Les émaux peints.

Les émaux comprennent les émaux cloisonnés qu'on nomme aussi émaux de plique, et les émaux champlevés ou en taille douce.

Les émaux translucides sur reliefs, ou émaux de basse taille, peuvent être classés dans la même catégorie.

Enfin les émaux peints, dits de Limoges, forment une classe distincte.

L'émail est un verre fusible à basse température, composé en général par le mélange de divers borates et silicates. Ce mélange primitivement incolore, se combine avec la plus grande facilité, sous l'influence de la chaleur à tous ou presque tous les oxydes métalliques, et acquiert alors selon la nature de ces oxydes, des colorations variées, éclatantes, ou adoucies, franches ou rompues, que l'artiste peut varier à son gré, et qui mettent à sa disposition la palette la plus riche de tons de toutes sortes.

L'émail incolore est le fondant, le corps de l'émaillerie, il faut ensuite lui communiquer des colorations. Tous ceux qui se sont occupés un peu de verrerie savent que les oxydes métalliques combinés aux boro-silicates donnent lieu aux colorations suivantes :

L'oxyde de cobalt colore le verre en bleu ;

L'oxyde de chrome en vert ;

L'oxyde de cuivre, en rouge, en vert marin ;

L'oxyde de manganèse en violet ;

L'oxyde de fer en vert bouteille, en jaune verdâtre et en rouge ;

Les oxydes de zinc et de fer en jaune d'ocre ;

L'oxyde de nickel en vert émeraude clair ;

Le chlorure d'argent en jaune.

Le sulfure d'argent en rouge ;

Le stannate d'or (pourpre de Cassius) rouge éclatant d'intensités diverses.

L'antimoniate de plomb et l'antimoniate de zinc donnent tous deux du jaune ;

L'antimoniate de cobalt du vert foncé ;

L'antimoniate de cuivre du vert pistache ;

L'antimoniate de peroxyde de fer du jaune de cire ;

Voilà donc cinq tons simples : bleu, vert, rouge, violet et jaune ; plus des demi-tons : vert bouteille, vert marin, vert pistache, jaune verdâtre dont les différents mélanges, les superpositions et l'emploi plus ou moins épais donnent une gamme infinie de colorations variées, éclatantes ou adoucies, franches ou rompues, et que l'intelligence, le goût, la science de l'artiste sauront plus ou moins bien exploiter.

Le noir s'obtient par le mélange de bleus, verts et violets foncés pilés et refondus.

Ces verres colorés sont transparents, ils communiquent leur coloration aux surfaces qui leur sont sous-jacentes, avec d'autant plus d'éclat et de pureté que ces dernières sont plus blanches.

L'oxyde d'étain a la propriété de donner au verre de borax une demi-opacité affectant ces effets d'irisation qui caractérisent l'opale, et qu'il perd combiné au plomb et introduit dans les fondants pour leur communiquer une blancheur très vive absolument opaque à une assez mince épaisseur.

C'est sur ce fait que repose la théorie de la peinture sur émail.

Cet émail blanc, incorporé dans les émaux translucides les rend opaques.

L'émail s'emploie sur la terre, sur le verre et sur les métaux. Comme nous l'avons dit ci-dessus, l'émaillerie métallique se subdivise à son tour en émaux cloisonnés et champlevés, en émaux de basse-taille ou de relief, et émaux peints.

Les émaux cloisonnés sont des émaux fondus dans des cloisons de métal dont les parois, plus ou moins minces laissent apparaître leur arête supérieure, qui forme ainsi des linéaments circonscrivant des pâtes colorées dans des configurations préalablement dessinées.

Quelquefois ces cloisons sont soudées au métal du fond, et elles sont alors très minces. Quelquefois elles sont obtenues par l'abscission du métal dans lequel le burin ou l'eau forte les épargne. On les nomme alors émaux en taille d'épargne ou champlevés.

D'autres fois, des figures ou des ornements sont gravés dans la feuille métallique, et les émaux, qu'on a soin alors de prendre translucides, communiquent à ces gravures, selon qu'elles sont plus ou moins creuses, un modelé coloré plus ou moins accentué. C'est ce qu'on nomme les émaux de basse-taille. On les appelle émaux de relief lorsque les configurations sont en bosse au lieu d'être en creux.

Enfin, il y a les émaux peints.

Ces émaux, les critiques, qui sont les historiographes et les archivistes de l'art, les ont classés suivant les méthodes de leur exécution.

D'abord il y a les émaux peints par apprêt, tels sont les émaux du xve siècle.

Puis la peinture sur émail blanc se subdivisant en peinture sur émail cru et peinture sur émail cuit, nous préférons la première qui est un art de premier jet.

La seconde a été employée et a contribué à la décadence de cet art. Citons enfin « l'émail des peintres » ainsi nommé par le regretté *Claudius Popelin*, et qui est en somme l'émail de Limoges lequel brilla surtout au xvie siècle.

Certains documents établissent qu'au xiie siècle, les premiers émailleurs italiens, réfugiés à *Limoges*, fondèrent en cette ville, une école où ils produisirent successivement des émaux cloisonnés et champlevés, puis des émaux translucides, dits vénitiens.

Vers la fin du xive siècle, les émailleurs de Limoges voyant diminuer le goût des amateurs pour l'orfèvrerie de cuivre émaillé, trouvèrent un nouveau mode d'ornementation, en couvrant directement d'émaux translucides les reliefs d'or et d'argent obtenus sur les plaques de ces métaux. Le métal fut ainsi caché par l'émail, comme la toile ou le bois le sont par la peinture.

Au milieu du xve siècle, ce mode de procéder avait fait de grands progrès, c'est par le procédé de la grisaille que s'opéra au xvie siècle, le changement et le perfectionnement du travail des peintres émailleurs.

Depuis le xvie siècle ces procédés ont peu changé, quelques couleurs seules ont été perfectionnées, mais au fond, quoique nos émailleurs apportent en leurs œuvres des ressources nouvelles de métier, leur objectif doit encore être d'atteindre la perfection de la mise en œuvre si simple et si large des maîtres émailleurs du xvie siècle.

Jean II, Jean III et Pierre *Perriaud*, les *Raymond*, les *Nouailher*, les *Court*, les *Landin*, mais surtout les *Limousin* (1506-1576), Léonard Martin et Léonard II, furent les maîtres de l'émail pendant toute la durée du xvie siècle. Rien n'égale la variété, l'élégance, l'habileté de leurs peintures qui sont comme un mode de peinture *sui generis*, comportant tous les sujets et toutes les formes.

Au xviie siècle, la peinture sur émail, renouvelée dans quelques-uns de ses procédés par *Jean Toutin*, de Blois, a été cultivée par les deux *Jean Petitot*, de Genève, le père et le fils, auteurs notamment de remarquables portraits : il faut encore citer *Madeleine Le Brun, J.-B.*

Macé, *Elisabeth Chéron*, au XVIIIe siècle, *Léotard*, *Mathieu*, *Durand*, l'anglais *Zincke*, etc. Ce sont des peintres, rien de moins, et l'émail est pour eux un genre comme pour d'autres l'aquarelle ou le pastel. Leurs œuvres sont comme des tableaux destinés a être pendus à la muraille, ou des compositions, dont ils couvrent des objets d'orfèvrerie, et qui ne sont plus simplement des motifs d'ornement comme en exécutaient les orfèvres de l'art Roman et de l'Italie de la Renaissance. Benvenuto Cellini et ses émules, qui s'étaient si magistralement servis de l'émail pour en décorer leurs sallières, leurs aiguières, et autres chefs-d'œuvre d'orfèvrerie de table, utilisaient l'émail dans un tout autre esprit.

On peut dire que l'émail cessa d'être en faveur dès la fin du XVIIe siècle et si on continue parfois à le voir encore briller dans l'orfèvrerie religieuse, ce n'est plus avec la même virtuosité qu'au Moyen Age et durant la Renaissance. Peu à peu les orfèvres et les bijoutiers perdent l'habitude de l'employer et les artistes n'en n'ayant plus la tradition, cessent totalement d'en connaître les secrets.

Au XIXe siècle l'émail semblait définitivement déchu, lorsque nous avons vu, dans ces dernières années, des artistes remarquables s'attacher à faire revivre successivement chacune de ses formes.

Fig. 152. — Gobert. Plateau d'une aiguière en émail.
(Musée de la manufacture de Sèvres).

C'est vers 1850 qu'un artiste remarquable de la manufacture de Sèvres M. *Gobert*, s'appliqua avec un véritable talent à retrouver les anciens

procédés des *émaux Limousins* ; il réussit à exécuter quelques objets tels qu'aiguières, plateaux, petites coupes, que l'on peut admirer au musée de la manufacture et qui attirèrent dès lors l'attention de quelques artistes sur les procédés d'un art oublié. En même temps, *Claudius Popelin*, avec une vive intelligence et une érudition incontestables reprenant la suite de ces efforts, poursuivit avec persévérance la résurrection des émaux de Limoges. Dans les deux livres qu'il a écrits, sur *L'émail des peintres*, et *Les Vieux arts du feu*, il se montre praticien habile autant que littérateur élégant. Dès lors, l'élan était donné. On vit des artistes comme Fréderic de Courcy, Alfred Meyer, Charles Lepec, Taxile Doat, s'adonner à cet art avec passion, et y faire preuve de qualités remarquables, soit dans des portraits, soit dans des plaques d'ornement destinées à être incrustées dans des meubles.

Deux causes contribuèrent principalement à ce résultat : d'abord le goût de la collection répandu alors avec fureur et qui poussa les amateurs à recueillir les épaves du passé, les vieux émaux de toutes les époques, et à favoriser l'imitation et les copies plus ou moins bien faites des antiques chefs-d'œuvre. Un fabricant, M. Soyer, se fit une spécialité de ce genre de travail et exécuta tant bien que mal un grand nombre de pastiches des émaux de la Renaissance qui, pendant plusieurs années, et jusque vers 1880, suffirent aux collectionneurs pour se donner l'illusion de posséder des œuvres originales, lesquelles devinrent rarissimes, et se payèrent au poids de l'or. Il y eut à Paris plusieurs ateliers clandestins où, très habilement, on se mit à produire ainsi de faux émaux vendus comme authentiques à de riches mécènes. Ce fut de cette façon qu'on préluda au réveil de l'art de l'émail. On commença à pasticher avec timidité avant de se lancer franchement et au grand jour dans une production originale. On se rendit maître peu à peu des procédés d'autrefois avant d'oser entreprendre des œuvres d'un caractère moderne, comme celles que nous voyons aujourd'hui, où l'habileté des ouvriers se traduit par la liberté des méthodes.

L'autre cause, non moins remarquable, qui donna à l'émail, sous le second Empire, un puissant élan, ce fut l'engouement qui se manifesta dans le public pour les arts orientaux, et surtout pour l'art Japonais. On resta ébloui devant la merveilleuse adresse des artistes du Nippon a décorer les bronzes, les vases, les plateaux, les pièces d'orfèvrerie, d'émaux cloisonnés du plus somptueux éclat, et de la plus surprenante exécution. En France, les bronziers et les orfèvres commencèrent dès lors à s'inspirer de ces magnifiques travaux.

Barbedienne créa dans ses usines de bronze, un atelier spécial d'émaillage.

Il fit décorer des meubles avec des panneaux d'émail exécutés par

Fig. 153. — F. Thesmar: Potiche en porcelaine tendre décorée d'émaux.

M. de Serres, un artiste de premier ordre, *Thesmar*, placé à la tête de cet atelier consacra pendant plusieurs années tous ses efforts à retrouver les secrets des émaux cloisonnés du Japon.

Quelques-unes de ses œuvres, exposées aux Salons, telles que, un *faisan doré* et un *canard volant* obtinrent le plus vif succès. La nuance des émaux en teintes dégradées, le fondu des couleurs arrivaient presque à donner l'illusion des belles œuvres du Japon dans ce même genre. Thesmar ne devait pas rester sur ces essais, bientôt après abandonnant le travail de l'émail cloisonné, il s'adonna aux recherches des émaux translucides où il arriva à la virtuosité la plus extraordinaire. Ses tasses, ses soucoupes, décorées de fleurs et d'ornements que la lumière traverse en faisant scintiller les couleurs diaprées de l'émail, sont des œuvres uniques dans leur genre, et telles que l'antiquité ni

aucune époque d'art n'en a produit de semblables. La technique en est des plus remarquables. Pour exécuter ces petites merveilles, l'artiste doit d'abord former pour ainsi dire la carcasse de l'objet, au moyen de fils d'or rigides patiemment assemblés et présentant la silhouette des ornements. Les vides laissés entre les fils d'or sont ensuite remplis par l'émail qui dissimule ce réseau métallique emprisonné ainsi dans ce vêtement brillant.

L'objet doit passer au feu autant de fois qu'il comporte de couleurs différentes et l'on imagine de quels soins un pareil travail doit être en-

Fig. 154. — F. Thesmar : Petite tasse en émail translucide cloisonnée d'or.

touré avant que l'exécution soit complètement achevée. Thesmar a montré à quel degré d'habileté il est parvenu avec une coupe mesurant jusqu'à quarante centimètres de hauteur et que l'on a pu voir dans sa vitrine à l'Exposition de 1900. Il a produit aussi pour des amateurs de Paris et de Londres, quantité de petites coupes d'une richesse et d'une variété de couleurs extraordinaires. Les bleu, les vert, les améthyste, s'y combinent en des harmonies étincelantes. Le même artiste a prouvé en outre que l'émail peut s'appliquer sur la porcelaine tendre et fournir des décors aussi nouveaux que délicats. C'est ainsi qu'il a fait pour la manufacture de Sèvres, plusieurs vases qu'il a revêtus de ces émaux translucides, représentant des glycines, des épis de blé, etc., d'une richesse de tons qui semblent inimitables.

A l'Exposition Universelle de 1889, l'orfèvre Falize reprenant les

traditions de la Renaissance, montra le parti que l'on pouvait tirer de l'application de l'émail à l'orfèvrerie.

Il a d'ailleurs excellemment expliqué lui-même dans son beau *rapport sur l'orfèvrerie à l'Exposition de 1889* comment il fut amené à provoquer la rénovation de l'émail par ses applications à l'industrie qu'il a si noblement pratiquée. Il avait eu d'abord recours à l'*émail peint*, c'est-à-dire à l'émail employé à la manière limousine, qui, moins que les émaux de basse-taille s'adaptent aux décorations de l'orfèvrerie parce que dans ce procédé le métal disparaît sous l'artifice des couleurs ajoutées à la spatule et modelées dans la pâte. Voici comment il s'exprime en ce qui concerne ces premiers travaux : « Nous avions exposé plusieurs plaques d'*émail peint*... des portraits d'enfants, des plaques sur or, car l'émail peint joue différemment suivant que la plaque de métal est d'or, d'argent ou de cuivre, et l'or fin lui donne une chaleur, une intensité que rien n'égale. Nous avions de Grandhomme une plaque représentant les grèves du Mont Saint-Michel, avec une jolie figure de femme assise parmi les vagues et les blanches mouettes... quelques coupes émaillées présentaient une application rajeunie de l'émaillerie, ce sont des sortes de drageoirs, des tcherkas russes. » Mais, ainsi que le dit Falize, ce sont des émaux de basse-taille, lesquels laissent apparaître le métal sous les glacis de couleurs, qui conviennent vraiment aux décors d'orfèvrerie, c'est celui-là que pratiquèrent autrefois avec tant de succès les orfèvres d'Allemagne, d'Italie, d'Espagne, des Flandres, de l'Angleterre, et surtout de la France, avant que les émailleurs de Limoges, les Perricaud, les Léonard, les Courteys ne vinssent modifier ces méthodes. C'est pourquoi Falize s'attacha avec passion à l'étude des émaux de basse-taille. « Depuis quinze ans, dit-il, je m'essayais à refaire les émaux translucides sur reliefs. J'avais en 1878 montré mes premières tentatives sur or et sur argent... J'ai pris au Louvre mes premières leçons sous la direction de M. Barbet de Jouy, j'ai vu les émaux de Londres, ceux d'Aix-la-Chapelle, ceux d'Orvieto, ceux de Florence, ceux de Munich, les pièces admirables de sir Richard Wallace, de M. Spitzer, du baron A. de Rothschild, et enfin la fameuse coupe du baron Pichon. C'est par l'étude comparée de tous ces émaux célèbres que je crois avoir rendu à l'art de l'orfèvrerie française un procédé d'émail perdu depuis trois cents ans, et qui avait fait sa gloire la plus incontestée. » Parmi les plus beaux travaux d'émail exposés par Falize en 1889, il faut citer deux grandes plaques d'or reproduisant par la couleur les tapisseries de Sens, un autre émail commandé par le musée

de Saint-Pétersbourg, et un vase de cristal, dit *vase sassanide*, autour duquel une ceinture d'or décorée avec les divers procédés de l'émaillerie — émail cloisonné, émail champlevé, émail à taille d'épargne, émail translucide sur relief, et émail à jour — raconte l'histoire d'un roi persan au VIe siècle, ses chasses, et ses guerres. Les collaborateurs de Falize dans ces travaux d'un si grand intérêt furent, outre Grandhomme, les émailleurs Pye, Houillon, Tourrette et Routhier.

L'effort de Falize n'a pas été perdu et, à sa suite, la plupart des or-

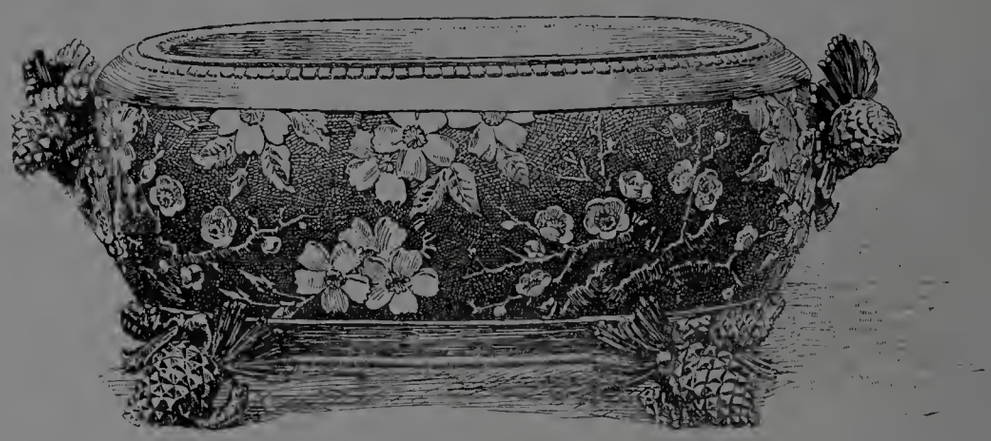


Fig. 155. — Jardinière décorée d'émaux cloisonnés (maison Christofle).

fèvres parisiens, s'empressèrent de recourir à l'émail pour ajouter son éclat à la parure de leurs œuvres. La maison Christofle, qui s'était, dès la première heure, signalée par les émaux cloisonnés imités du Japon, et appliqués sur des vases et des jardinières de métal, même sur des meubles, ne persévéra pas dans cette voie en poussant ses recherches jusqu'à l'emploi des émaux d'épargne, mais Boucheron, Vever, Froment-Meurice, dans des œuvres d'une rare préciosité, s'y essayèrent et réussirent. Les orfèvres religieux, et au premier rang, Armand Calliat, exécutèrent des ostensoirs, des calices, des reliquaires ornés d'émaux de basse-taille qui peuvent rivaliser avec les plus parfaites œuvres d'autrefois. Grandhomme a fourni à la maison Poussielgue-Russand des tableaux d'autel d'une exécution magistrale. De 1889 à 1900, on peut dire qu'un pas considérable a été fait dans la voie du progrès. Des artistes de mérite se sont joints à ceux que nous avons déjà nommés, et sont devenus les collaborateurs attitrés des orfèvres, ayant leur individualité et donnant leur note personnelle. Si M. Grandhomme reste, après Thesmar, la personnalité la plus en vue, parmi les émailleurs, MM. Tourrette, Georges-Jean, Hirtz, Feuillâtre, et quelques autres voient aussi leur réputation grandir et s'affirment chaque jour davantage par des qualités personnelles. Chacun s'applique à se

créer une palette de nuances subtiles et rares pouvant se combiner avec le métal. Certaines couleurs, comme le rouge, par exemple, ne tiennent pas sur l'argent. Il s'agit donc pour un émailleur, de se faire une tech-

Fig. 156. — Email exécuté par MM. Grandhomme et Garnier pour la décoration d'un vase

nique, d'inventer des procédés, de combiner des oxydes, d'imaginer des formules pour obtenir les gammes de tons se prêtant aux décors de toutes sortes. Ainsi faisaient jadis les peintres qui fabriquaient eux-mêmes les couleurs dont ils usaient.

A l'Exposition de 1900 on a pu se rendre compte que l'exemple donné par la France relativement à l'emploi de l'émail en orfèvrerie avait porté ses fruits. Beaucoup d'orfèvres étrangers, en Allemagne, en Russie, dans les Pays-Bas, les Etats-Unis commencent eux aussi, à décorer leurs œuvres par les procédés d'émaillage préconisés, et remis en honneur par Falize. Certains pays, tels que la Russie, ont toujours gardé cette tradition, et les iconostases des églises de Saint-Pétersbourg ou de Moscou témoignent de l'habileté des orfèvres russes en ce genre. Mais la pratique de l'émail se développe et s'affine. L'orfèvre russe Fabergé a exposé des œuvres ravissantes exécutées pour la famille impériale et d'un modernisme absolu. D'autre part, en Allemagne l'art de l'émail apparaît avec

des tendances toutes nouvelles dans certaines pièces d'orfèvrerie où l'on sent l'influence française des Thesmar et des Grandhomme.

Fig. 157 — Broche : Fruit, perles et émaux, par Froment-Meurice.

Dans le bijou, l'émail avait été employé à diverses reprises durant le XIXe siècle. Sous le règne de Louis-Philippe, Froment-Meurice, dans son effort pour ressusciter l'art de la Renaissance, n'avait pas négligé l'imitation de ces jolis bijoux, broches, bagues, pendant d'oreilles, couverts d'émaux opaques de diverses couleurs, qui furent à la mode sous Henri II et au temps des Médicis. A sa suite, Falize poussa plus loin, avec une érudition impeccable, ses recherches dans ce sens, et il fut singulièrement aidé dans cette voie par un artiste nommé Garnier, qui n'a pas à beaucoup près la réputation qu'il mérite, et qui est mort récemment.

C'est lui, notamment, qui a exécuté les ravissantes broches exposées par les frères Falize en 1900 et représentant avec des personnages minuscules, des scènes d'une grâce antique. Je rappellerai notamment une broche *Saint-Georges*, qui semble inspirée d'un dessin d'Albert Durer et que l'on peut considérer comme un petit chef-d'œuvre. Ici l'émail n'a plus l'éclat et les vivacités qu'on lui voit dans les œuvres de Thesmar ; il est opaque et recouvre seulement, de sa pâte à peine colorée, les figurines ciselées dans le métal, les animant ainsi du charme de la couleur. Un amateur des plus distingués M. Corroyer, a fait exécuter avec ce même procédé, par l'émailleur Grandhomme, un service de toilette, exposé par la maison Boucheron, en 1900. Les pièces en sont décorées de personnages et d'ornements en très léger relief obtenu par cet émail opaque.

Faut-il nous arrêter ici, aux descriptions des admirables bijoux de Lalique, dans lesquels l'émail joue un rôle si important, et on peut le dire si inattendu ?

Lalique, qui montre une originalité géniale dans le maniement des matériaux qu'il emploie, est allé jusqu'à l'excès peut-être, en cherchant de véritables effets de peinture au moyen de l'émail. Il ne craint pas par exemple, dans une broche ou un pendentif, figurant une femme qui fuit à travers une forêt, de recouvrir d'émaux les arbres chargés de

Fig. 158 — R. Lalique : Figure émail, dans un cadre émaillé

mousses. Il peint de même, quantité d'autres sujets. Malheureusement ses imitateurs n'ont pas son goût et sa mesure. Il est à craindre que les bijoux modernes, colorés par des mains trop audacieuses et par des artistes plus soucieux de chercher des effets violents, que des harmonies discrètes, ne tombent dans des exagérations ridicules. L'émail est une ressource, dont il faut user sans abus.

I

Applications diverses de l'émail.

Nous venons de résumer l'histoire de « l'art de l'émail » proprement dit, c'est-à-dire de l'émail appliqué par les diverses méthodes ci-dessus indiquées. Mais l'émail considéré, d'une façon générale, suivant sa définition, comme « un verre fusible » est employé dans plusieurs autres industries qui en tirent des effets de décors extrêmement variés.

Les peintres verriers, par exemple, se servent souvent de l'émail qu'ils superposent aux verres colorés afin d'obtenir soit des richesses et des éclats de nuances, soit des motifs d'ornements qui ne pourraient être autrement réalisés. Il est vrai d'ajouter que les verrières des belles époques qui décorent les antiques cathédrales, ne donnent guère d'exemples d'émaux de ce genre, lesquels sont réprouvés par les maîtres comme des artifices indignes du grand art des vitraux.

Dans l'industrie de la verrerie, pour les gobelets, les drageoirs, les carafes, flacons, boîtes, et autres objets de cet ordre, la décoration par l'émail, qui a été pratiquée dès la plus haute antiquité, et surtout chez les arabes et chez les vénitiens avec le plus grand éclat, n'a jamais été complètement abandonnée.

Mais si le procédé ne s'est pas perdu, il s'en faut qu'on l'ait appliqué toujours, depuis un siècle, avec le même goût que jadis.

Il suffit de se rappeler les hideuses ornementations dont sont encore le plus souvent barbouillés certains services de table, des verres ou des coffrets de verre répandus dans le commerce, pour évoquer le lamentable tableau de la décadence d'un art qui a laissé des chefs-d'œuvre. En France, l'émaillage du verre a fait surtout des progrès à partir de la fin du second Empire.

A cette époque, la mode des collections remit en honneur les belles verreries de Venise, si remarquablement émaillées, et les admirables lampes de mosquées des arabes, sur lesquelles sont tracées des motifs de couleur d'un dessin prodigieux. Un ingénieux fabricant de Paris, M. Brocard parvint à reproduire ces chefs-d'œuvre avec une telle fidélité que les plus expérimentés connaisseurs prirent souvent ses copies pour des œuvres authentiques. M. Brocard, qui trouva notamment le

moyen de faire sur le verre des applications d'or d'un effet extrêmement curieux, exécuta des décors qui sont de véritables tours de force. Cependant, il ne parvint pas à donner de l'extension à ce genre, et resta confiné dans l'imitation des œuvres orientales. Ce fut Emile Gallé, le grand artiste de Nancy, qui contribua le plus brillamment à renouveler par l'émail le décor des objets de verre désignés sous le nom de gobeletterie.

Dès 1865, Emile Gallé dessinait sur le cristal blanc, alors presque exclusivement en faveur, des compositions où se remarque déjà l'observation de la nature : qu'il devait par la suite pousser plus loin encore : graminées, fleurs et plantes, furent émaillées par lui des couleurs les plus gaies. Nombre d'imitateurs essayèrent de le suivre dans cette voie. En Bohême, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, on reprit aussi les traditions de l'ancienne verrerie populaire, illustrée de sujets émaillés. Quelques fabricants exécutèrent dans ce genre des œuvres d'un caractère réellement artistique qu'on a pu voir aux Expositions Universelles de 1889 et 1900. Mais il convient de remarquer que ce genre de décor ne semble plus guère en faveur, et que les gens de goût montrent peu d'enthousiasme pour ces émaux colorés qui tranchent trop durement sur la transparence du cristal et ne forment point corps avec celui-ci. L'émaillage du verre étant abandonné à l'industrialisme courant, il en résulte que les sujets sont trop grossièrement exécutés pour donner de ce genre une idée favorable.

Parlerons-nous de l'émail appliqué à la céramique ? Ce serait vouloir traiter des conditions essentielles de la décoration de cette industrie si importante, et un tel travail est en dehors de notre cadre. Ce que nous devons nous borner à indiquer, c'est que la composition des émaux est différente selon que ceux-ci servent à la porcelaine, à la faïence, au grès, etc. Pour la porcelaine elle-même, les émaux diffèrent, comme l'a démontré Salvetat, selon les engobes dont les pièces sont couvertes, ou selon qu'ils sont appliqués sur engobe ou sur biscuit. C'est parce que les chinois ont pour leurs porcelaines des couvertes plus propres que les nôtres à recevoir des émaux, qu'ils sont arrivés, avec une palette de tons restreints, à obtenir une richesse de nuances bien supérieure. C'est que les couvertes chinoises sont sans doute plus fusibles que chez nous. Dirons-nous aussi comment sont posés les émaux sur les pièces céramiques ? Ils sont appliqués en poudre très tenue, sous une assez forte épaisseur ; l'essence de térébenthine maigre sert de véhicule à l'émail. La décoration se fait naturellement par teintes plates : les

ambres sont produites par le plus ou moins d'épaisseur donnée à la couche d'émail. Enfin, essaierons-nous de donner ici une classification des innombrables émaux employés par les céramistes pour varier les couleurs dont ils disposent ? La tâche serait impossible, car chaque jour le nombre s'en accroît, et la chimie ne cesse de fournir de nouveaux oxydes mettant à la disposition des potiers une palette de plus en plus riche.

Enfin, les émaux s'emploient encore dans la fabrication de la mosaïque qui, depuis trente ans, a été introduite en France où elle a pris un développement remarquable. Ils sont, dans ce cas, désignés aussi sous le nom de *smaltes*, et leur composition, qui a pour base le cristal, est ordinairement formée de sable (1300), de minium (600), de nitrate de potasse (60), de fluorure de calcium (300), de carbonate de soude (400) et de groisil (500). La coloration est donnée par des oxydes simples ou mélangés, et l'on arrive à une variété de tons presque infini.

Les ateliers du Vatican, en Italie, en possèdent plus de 26 000. En France, M. Guilbert-Martin, qui, avec l'appui du Gouvernement a fondé un important établissement de mosaïque, dirigé aujourd'hui par son petit-fils, M. René Martin avec beaucoup d'intelligence, en a réuni un nombre non moins considérable. L'émail est fondu sous forme de galettes de 10 à 15 cm de diamètre sur 1 à 3 cm d'épaisseur qui sont ensuite découpées en petits cubes réguliers, en les posant à plat sur un découpoir et en les frappant d'un coup sec. C'est avec ces cubes que les mosaïstes composent ensuite leurs dessins, en choisissant, au fur et à mesure de leur travail, le cube de la nuance nécessaire, comme ferait un tapissier changeant la couleur de ses laines.

Les beaux travaux exécutés en mosaïque d'émail depuis vingt ans par M. Guilbert-Martin témoignent de la vitalité dans notre pays de cette industrie qui n'y a été introduite qu'en 1868 par l'architecte Ch. Garnier pour la décoration du foyer du nouvel Opéra. Jusqu'alors elle avait été l'apanage exclusif de l'Italie.

Les Chinois semblent avoir connu l'art de l'émaillerie presque en même temps que celui de la porcelaine : ils y ont mis la même adresse surprenante, les mêmes qualités d'élégance et de variété. Leurs émaux cloisonnés, champlevés, leurs *émaux-porcelaines*, ou émaux peints, sont à la hauteur de leurs poteries les plus parfaites. Les Japonais ont également pratiqué l'art de l'émail ; mais leurs émaux cloisonnés (dont le chef-d'œuvre en Europe est une fontaine du musée vert à Dresde) ne

souffrent pas la comparaison avec les cloisonnés chinois : leurs émaux translucides sur fonds d'or sont en revanche très remarquables.

Fig. 159. — Guilbert Martin : Figure de Faune, mosaïque d'émail.

Depuis quatre cents ans les Chinois ont développé l'industrie de la porcelaine et de l'émail au point d'être considérés — même en Europe — comme des artistes incomparables. Et cependant dans les milieux techniques aussi bien que dans le grand public, ces maîtres-émailleurs passaient, jusqu'à ces derniers temps, pour ignorer les procédés de fabrication du verre.

Les récentes enquêtes de M. de Brandt (1898) et de M. Jules Duckerts (1899), ont montré que les Célestes connaissent depuis un temps immémorial l'industrie du verre.

Dès la plus haute antiquité les Chinois fabriquaient le verre colorié, et ceci s'explique par la prédestination marquée des Orientaux pour les nuances vives que le regard observe dans la nature.

M. de Brandt a retrouvé, au cours de son récent voyage (1898), des fragments de véritables verrières opaques, présentant les nuances suivantes : rouge, bleu, jaune, vert et violet. Il est incontestable que ces

verrières remontent à une époque très ancienne. Les Célestes de nos jours produisent, avec les procédés que leur a légué la tradition, les tons suivants : bleu de turquoise, vert-pré, jaune-ocre, noir, violet, rouge-incarnat, blanc, vert foncé, bleu foncé et rouge pourpre.

Les verriers chinois sont des maîtres en l'art de marier les nuances, et surtout supérieurs dans l'imitation des pierres précieuses, comme l'agate, la malachite, le lapis lazzuli. Le verre transparent coloré en bleu vert ou rouge n'est pas très apprécié. Les nuances qui se rapprochent de l'opale et du rubis comptent parmi les productions les plus remarquables de la verrerie chinoise.

Celle-ci offre à l'étranger deux spécialités bien intéressantes : le verre de « riz » et le verre « cassé ». Le secret de fabrication de ces deux types de produits est si bien gardé qu'aucun voyageur n'a pu encore le surprendre.

Le verre « de riz » est incolore, sans transparence, parsemé de petits points blancs opaques, qui rappellent à s'y méprendre les grains de riz, d'où le nom de verre « de riz » donné à cette qualité de verre.

Le verre « cassé » est blanc ou coloré, à surface polie, strié à l'intérieur et présentant de petits sillons brillants absolument semblables aux annelures ou anneaux de vers morcelés en plusieurs parties.

On ne souffle le verre, en Chine, que depuis fort peu d'années, et c'est aux missionnaires français que les Célestes sont redevables de ce progrès. Auparavant on faisait fuser la matière dans des récipients en terre, on la laissait refroidir et on la travaillait ensuite pour lui donner la forme désirée. Aussi la plupart des objets en verre que vendent les Célestes, sont-ils lourds, massifs et grossiers, en dehors de quelques œuvres vraiment artistiques.

Les Chinois fabriquent en verre une masse d'objets pour lesquels nous employons les métaux, notamment les bijoux, les anneaux, les bagues, les bracelets, boucles d'oreille, boucles pour ceintures, boutons, épingles à cheveux, tasses à thé, ornements pour chapeaux, joujoux pour enfants, cloches et clochettes ; mais surtout les tuyaux de pipe et jusqu'à des coffrets et boîtes à bibelots. Tous ces articles sont fabriqués d'une seule venue. Pour obtenir ce résultat, l'ouvrier laisse couler le verre en fusion dans un moule en terre qui a autant que possible la forme de l'objet désiré. Il laisse refroidir et se livre ensuite à un polissage complet jusqu'à ce qu'il se rapproche absolument du modèle placé sous ses yeux.

Souvent aussi le moule est tellement parfait qu'il n'y a pas lieu de recourir au polissage.

Parfois l'extérieur des flacons ou bouteilles est orné de facettes colorées. Il en est de même des poignées et des pieds.

On grave le verre avec le diamant. L'ouvrier trace des dessins avec une pointe en diamant, et il *enduit* ensuite les tracés ainsi obtenus des diverses couleurs nécessaires à sa composition. Quelquefois — mais rarement — la décoration est en relief, comme pour la porcelaine. Dans ce cas, les ornements sont généralement des fleurs, des feuilles, des plantes dont le dessin est « coulé » sur le verre peint. Enfin d'autres ornements peuvent être taillés à facettes.

Les Célestes sont passés maîtres en l'art de tailler des facettes et leurs produits sont de beaucoup supérieurs à ceux de l'industrie européenne.

Le verre peint à la surface ne se taille pas. On taille seulement le verre avant la fusion. Lorsque le verre est coloré intérieurement en plusieurs tons, on le taille de manière que la dernière nuance, celle qui a été fixée après toutes les autres, serve de « fond » à la décoration entière. Si les couches de couleur sont étagées, on peut varier les nuances en taillant les couches supérieures en bloc ou séparément. Les couches supérieures laissent alors pénétrer plus ou moins la couleur du fond.

Un autre procédé très délicat consiste à superposer plusieurs couches de verres de couleurs différentes sur la pièce qu'on désire orner. On obtient, après un travail long et patient, ces « chinoiseries » qui font l'admiration des visiteurs chez les marchands de Hongkong et de Shanghaï. C'est par ces procédés divers que le Céleste arrive à créer ces « microcosmes » où s'agitent, remuent et vivent plusieurs mondes en raccourci.

Les vases en verre atteignent rarement plus de 30 cm de hauteur. Les autres produits des verriers chinois sont : des bouteilles avec ou sans pieds, et de toute forme, des flacons reproduisant les fruits de la terre : pommes, noix, poires, etc., et les animaux symboliques : dragons, etc.

Mais ce qui a frappé le plus M. de Brandt, c'est une tabatière en verre que les Célestes appellent benoîtement « boîte à priser » et qui porte un *bouchon* muni d'une petite cuiller pour puiser le tabac (car les Chinois prisent beaucoup, s'il faut en croire M. de Brandt).

Ajoutons que les divers articles que nous venons d'énumérer

portent toujours une marque spéciale indiquant la date de la fabrication.

L'industrie du verre en Chine était à son apogée au XVIIIe siècle. Elle est encore considérablement développée pendant le cours de ce siècle.

Il existe des verreries importantes dans la province du Sze-Tchouan, notamment à Tchoung-King. Il en existe aussi à Pékin. Le Shantung fabrique une qualité de verre brut que l'on travaille dans les verreries de Tuking, Pékin et Kuantang.

Néanmoins nous devons reconnaître en terminant que la fabrication moderne a sensiblement diminué depuis cinquante ans. Il y aurait là pour nos industries d'Europe de fructueux éléments à mettre en valeur.

Des Persans nous ne possédons qu'un spécimen de leur fabrication, la coupe de notre bibliothèque nationale. On croit généralement que c'est par la Perse qu'est arrivée au VIe siècle, à Byzance, la pratique de l'art de l'émaillerie, M. Bing possède deux plats en cuivre émaillé, c'est là une sorte de transformation de l'ancien procédé de cloisonnage. Ces plats qui sont du XVIIe siècle ont ceci de curieux que le cloisonné a dû être obtenu *par repoussé*. Travail difficile, dénotant une habileté consommée. Le bleu et le vert clair dominent dans ces émaux et sont d'une pureté, d'une harmonie, d'une fraîcheur de tons remarquables.

II

Applications industrielles de l'émail.

L'art du vitrail a subi des phases de grandeur, de décadence, de renaissance, et maintenant cet art s'est vulgarisé, s'est transformé en partie. Ses applications aux usages domestiques, à l'habitation, exigent des fabrications nouvelles, plus économiques et ce que l'art perd est compensé en partie par l'utilité des nouvelles applications.

Il en est de même pour l'émail.

Emaillage des métaux communs.

L'application des émaux sur les métaux communs doit répondre au double but de protéger la surface de l'objet contre l'oxydation et en même temps de concourir à la décoration.

Emaillage de la tôle. — La tôle est bien décapée dans une solution étendue et chaude d'acide sulfurique. Après séchage on en saupoudre la surface avec un émail transparent assez fusible dit « contre oxyde », dont on opère la fusion en portant l'objet au moufle.

L'émail véritable est ensuite fixé sur ce contre oxyde.

Fonte moulée émaillée. — Le principal foyer industriel de l'émaillage de la fonte est l'établissement du « familistère » de Guise, dans l'Aisne, fondé par M. Godin-Lemaire. Là on avait d'abord essayé d'opérer comme pour la tôle, mais le contre-oxyde s'écaillant, se soulevant, par suite de la combustion du carbone contenu dans la fonte on dut renoncer à cette façon de faire.

On porte au rouge l'objet à émailler, puis on le saupoudre alors d'un émail très fusible dont la fusion est ensuite complétée au four.

Emaillage intérieur des objets de cuisine. — L'émail n'est pas appliqué directement sur le métal, mais bien sur un enduit dont on recouvre préalablement l'intérieur de l'objet.

Cet enduit s'obtient en fondant ensemble un mélange de sable, de terre de pipe, de carbonate de soude et de borax.

Avec cette sorte de verre réduit en poudre impalpable et gâché clair avec de l'eau, on fait une barbotine que l'on verse dans l'intérieur de l'objet à émailler. On fait écouler l'excès et on sèche à l'étuve pendant

vingt-quatre heures. On porte alors au moufle pour amener la fusion et l'adhérence de l'enduit.

C'est cette poterie extérieure qui est ensuite recouverte d'une barbotine d'émail que l'on cuit comme précédemment.

Verre émaillé. — Sur l'objet à émailler on dispose une barbotine d'émail faite à l'eau gommée; après dessiccation on cuit après avoir enlevé l'émail aux endroits qui doivent rester transparents. Pour la fabrication industrielle d'objets en verre émaillés avec réserve de parties claires, on procède d'une façon plus rapide à l'enlevage de l'émail. On se sert d'un pochoir qui est constitué par une feuille de cuivre découpée suivant le dessin. Quand l'émail a été appliqué avec l'eau gommée, on place le pochoir sur la feuille ou l'objet en verre, et on frotte ensuite avec une brosse. L'émail se trouve enlevé là où le pochoir est vide on a un dessin transparent sur fond mat. Pour les grandes feuilles, on déplace le pochoir en en fixant la position par des points de repère.

Emaillage avec dentelle. — On met une couche d'eau gommée sur la lame de verre ; on sèche et on dépose sur cette lame un carré de dentelle représentant le dessin que l'on veut obtenir. Cette dentelle est maintenue par un cadre dont elle forme le fond.

On place le tout dans une cage fermée dans laquelle on injecte de la poussière d'émail, qui tombe peu à peu et s'applique aux endroits non recouverts par la dentelle.

On enlève ensuite cette dernière, et on porte la lame de verre dans une étuve où passe de la vapeur d'eau qui, délayant la gomme, rend l'émail adhérent.

On peut alors facilement transporter la plaque de verre au moufle sans craindre de gâter le dessin.

On a fait aussi des reproductions d'émaux anciens en choisissant comme supports des verres de qualité inférieure, car les verres ordinaires sont trop clairs, trop limpides, et laissent trop facilement passer la lumière.

Applications d'émaux sur étoffes.

(Procédé Parvillé)

Ce procédé d'application d'émaux sur étoffes est caractérisé par les opérations suivantes :

1° Préparation des émaux ;
2° Préparation du tissu spécial destiné à les recevoir ;
3° Application des émaux sur le tissu préparé.

1° *Préparation des émaux.*

On se sert d'un carreau de faïence fine, on le recouvre d'une légère couche de craie. On a reporté à la manière ordinaire le dessin ou exécuté la pose, comme le céramiste, des émaux finement broyés, en ayant soin d'observer entre les différents tons un léger intervalle, afin d'empêcher leur réunion sous l'action du feu. Après la cuisson, qui peut avoir lieu à moufles ouverts, comme pour l'émail, sur le cuivre, les émaux se détachent d'eux-mêmes de leur support. Un lavage à l'eau acidulée enlève la chaux adhérente, puis on termine par un lavage à grande eau et un séchage (1).

2° *Préparation du tissu spécial.*

La satinette, ou toute autre étoffe de couleur appropriée au tissu à décorer, peut convenir à la préparation spéciale. Cette satinette est enduite, jusqu'à complète imperméabilité, de plusieurs couches successives d'une solution obtenue en faisant dissoudre jusqu'à dissolution complète du caoutchouc-para dans la benzine, de manière à avoir une liqueur sirupeuse ; on laisse ensuite sécher l'étoffe ainsi préparée.

3° *Application des émaux.*

Les émaux sont ensuite collés sur le tissu préparé ; ce collage s'effectue avec la même dissolution que ci-dessus, mais beaucoup plus concentrée, presque à l'état pâteux. On a soin de laisser entre les émaux constituant les éléments d'un même motif un espace d'environ un millimètre. On découpe alors sur leur pourtour extérieur, à la main ou à l'emporte-pièce, les différents motifs, en conservant ce même intervalle entre chaque élément à décorer, comme pour un soutachage.

Les motifs, ou fragments de motifs, sont alors cousus et sertis d'un fil d'or ou de soie qui complète l'ornementation générale.

(1) J. Henrivaux : *Le Verre et le Cristal*, 1 vol. fort in-8° : avec atlas. — Dunod 1897.

CHAPITRE III

LES OBJETS D'ART

« Les lois du goût, écrivait Charles Blanc (1), ont cela d'heureux qu'elles s'accommodent parfaitement aux divers états et qu'elles sont applicables à tous les degrés de la fortune ». Bien qu'il soit un raffinement de la raison et qu'il suppose une certaine aristocratie dans la manière de sentir, le goût n'a pas besoin de la richesse, et la distinction des sentiments n'a rien d'incompatible avec la simplicité des conditions et des mœurs. Cela veut dire que le goût, dans les matières qui nous occupent, n'est que la notion délicate des rapports entre les hommes et les choses, qu'il peut conséquemment se trouver partout et rendre intéressante une habitation modeste aussi bien que les plus magnifiques palais.

Ces pensées trouvent leur application particulièrement exacte et saisissante dans les questions soulevées par l'examen des éléments constitutifs du mobilier. Parmi ces éléments les objets de cristal et de verre décorés occupent maintenant une place importante.

Qui de nous n'a admiré, chaque année, aux Salons des Beaux-Arts, les objets exposés par quelques maîtres et artistes verriers qui réunissent l'amour du beau à l'amour de leur métier.

Les efforts de certains de ces artistes valurent, auprès d'un public éclairé, un regain de faveur à l'admirable matière qu'est le cristal.

Ce succès coïncide avec le mouvement d'opinion qui remet en honneur l'art du décor, relégué chez nous depuis le XVIIe siècle, par les Académies des Beaux-Arts, au rang de pratique inférieure.

(1) « Grammaire des Arts décoratifs », page 136.

Mais l'art protégé par l'Etat n'est qu'un pis aller à notre époque ; le temps est passé des monuments superbes et des décors somptueux ; c'est dans la maison, dans le *home* qu'il faut aujourd'hui introduire l'art, l'art sous toutes ses formes, aussi bien dans le plus modeste ustensile du plus simple intérieur que dans la décoration plus exigeante des demeures luxueuses.

Les artistes, les ouvriers, le public, tous ont besoin de s'entendre sur leurs désirs et leurs aspirations. Le public ne comprend pas toujours, ne comprend pas vite, ce que voudraient lui faire entendre les artistes, et pèche par ignorance.

Les artistes producteurs eux manquent souvent de documentation, c'est à l'État, c'est surtout à l'initiative privée qu'il appartient de chercher et d'apporter les remèdes nécessaires et urgents. Ce sont les cours des Ecoles d'arts décoratifs qui instruiront les artistes. Pour l'éducation du public, car il ne faut pas oublier qu'on recrée une œuvre d'art en l'admirant, l'Etat pourrait instituer, dans les lycées, dans les écoles, des cours concernant notre art national, cours proportionnés à l'âge des élèves, au niveau de leurs études et à leur situation sociale. Dissiper le malentendu entre le public et les artistes, voilà un premier remède à la crise du goût et de l'art français.

Les Expositions exercent aussi une influence considérable sur le goût du public, et sur la puissance créatrice des artistes. A chaque exposition nous constatons le nombre croissant de visiteurs, comme par exemple aux Salons annuels, et nous entendons le public émettre des appréciations souvent très sensées ; comparer les œuvres d'un artiste à celles des années précédentes, et conclure dans un sens souvent remarquablement juste. Le public s'intéressant aux produits artistiques c'est un encouragement pour les producteurs, un débouché plus important pour leurs œuvres.

La chimie empruntant l'aide de la mécanique, permet de multiplier les moyens de mouler le verre, comme on peut le faire notamment par le procédé du sculpteur Ringel, ou par les méthodes Boucher pour le soufflage-moulage pour ainsi dire automatique. M. Ringel d'Illzach, a exposé au Salon de 1898 quelques curieuses pièces de verre, médailles et médaillons, d'une exécution fort curieuse. En combinant son procédé avec d'autres moyens mécaniques, on arrivera très probablement au moulage des verres en creux, c'est-à-dire de la statuaire rondebosse, et on devine la révolution qui en résulterait pour l'industrie ! Le verre devenant, pour ainsi parler, le collaborateur direct de nos artistes, et

se substituant à l'occasion soit au bronze, soit au marbre ou à la terre cuite, pour traduire les œuvres des sculpteurs ! Le verre prêtant à ceux-ci ses effets de transparence, de coloration chaude et vibrante, pour exprimer la vie et ajouter les éléments qui lui sont propres aux ressources plastiques jusqu'ici en usage ! Le verre transformé en serviteur docile de l'art, pouvant être moulé comme un plâtre et se revêtir de toutes les nuances d'une palette somptueuse, sans que la délicatesse de l'œuvre et les finesses du modelé soient altérées à la cuisson, il y a là, en vérité, un horizon si éblouissant ouvert à l'imagination que les savants doivent se hâter de transformer ce rêve en réalité.

Il faut reconnaître, d'ailleurs, que depuis vingt ans, nous assistons au plus remarquable effort de la part des artistes — et surtout des artistes français, il n est que juste de le dire — pour rehausser la fabrication du verre de tous les prestiges de l'imagination et du goût. Non seulement la recherche des formes pour des objets sans nombre, tels que vases, coupes, plats, etc., mais encore celle des colorations les plus rares, les plus précieuses, a fait éclore quantité d œuvres charmantes, d'une originalité incontestable, et dont les mérites, au point de vue de l'exécution, ne le cèdent en rien aux chefs-d'œuvre les plus admirés du passé. Entre tous ces verriers, de talents divers, se distingue M. Émile Gallé, le maître de Nancy, véritable chef d'école, qui surtout depuis l'année 1884 n'a pas cessé de faire preuve d'une fertilité incroyable d'invention, se surpassant toujours lui-même par les tours de force du praticien qui égale en lui le poète. Quelque temps avant qu'il ne se fût révélé, les connaisseurs avaient pu remarquer les verreries de Brocard et de Rousseau. Le premier s'est adonné aux reproductions des verreries musulmanes. Il a retrouvé la lampe d'Aladin, les émaux durs auxquels ont excellé les Arabes, et il y a si bien réussi que plusieurs de ses lampes de mosquée, fabriquées vers 1880, figurent aujourd'hui dans certains musées, indiquées comme datant du XIIe siècle ! Ses buires, ses bols, ses bassins de verre autour desquels s'entrelacent capricieusement des cordons d'émail ont toutes les séductions de formes et de couleurs. Rousseau, lui, qui est mort voici quatre ou cinq ans, mais qui a laissé un digne successeur en M. Léveillé, a eu les qualités d'un rénovateur. Il possédait l'amour du verre pour la matière même et s'est appliqué à embellir celle-ci de toutes les richesses de nuances capables de la faire valoir. Il a eu, au degré suprême, le sens du précieux dans les vitrifications. Tout devenait gemme entre ses mains. Le verre s'empourprait d'un suc de rose au contact des sels d'or, s'éclaboussait d'un jet de

sang là où l'oxyde de cuivre le venait marquer, empruntait au manganèse la transparence violette de l'améthyste ou bien laissait jouer le jaune d'étain, pareil à une huile dorée, dans ses craquelures lumineuses. Le plaisir des yeux par la splendeur du coloris, voilà ce que cherchait avant tout Rousseau. Cela n'a pas suffi à Émile Gallé, qui, lui, a voulu faire dire au verre ce que personne avant lui n'avait ambitionné de lui demander, des choses subtiles et tendres, compliquées et délicates. Par la grâce de son imagination inventive, tout devient sous ses doigts motif d'ornementation. Il prend ses sujets autour de lui et en lui-même. D'une coquille commune de Lorraine, il sait tirer une forme de vase, et aux flancs de ce cornet de verre d'une limpidité d'eau courante, il grave des enfants nus chevauchant des escargots aux cornes étirées. Tantôt il consacre une coupe aux fameuses grilles de Nancy, ou bien il célèbre à l'occasion d'un mariage, d'une naissance, d'un événement familial quelconque, ou de quelque incident historique, tel que le voyage de l'empereur et de l'impératrice de Russie en France, les sentiments qu'évoquent de pareils commémorations. Avec une adresse prestigieuse il sait tirer des fleurs d'innombrables formes, et pour ses brillantes fantaisies il tire parti d'une façon merveilleuse des accidents du feu, ménageant, en véritable sorcier, les oxydations et les marbrures, gravant, par exemple, les figures du Sommeil, du Silence et de la Nuit sur une coupe que les oxydes ont, par hasard, veinée de traînées noires, ou bien incisant un combat de pieuvres sur un vase dont les tons verdâtres ont éveillé en lui l'illusion du fond de la mer.

Constamment en progrès, Émile Gallé a exposé encore au dernier Salon des verreries remarquables autant par la valeur de l'expression intellectuelle que par la nouveauté des pâtes cristallines qu'il a mises en œuvre. Ces pâtes « se montrent tantôt, suivant les expressions mêmes du verrier nancéen, *brochées* et pareilles à de légers tissus, tantôt *marquetées* à la manière de ses ébénisteries, cette fois par insertion à chaud des pièces de décor dans l'épaisseur du cristal en fusion ». Ainsi que le dit fort bien un juge éminemment compétent, M. Victor Champier, « c'est une ornementation puissante et délicate en même temps. Il y a là des innovations fécondes en surprises, telles que la *patine du verre*, floraison pour l'œil, caresse attiédie par le toucher ; le *brochage*, qui voile de tulles et de gazes vaporeuses l'éclat dur des cristaux ; les verres *mosaïqués, marquetés*, sous glaçure ; l'*intorsia*, art tour à tour barbare ou léger comme le parenchyme d'un pétale de fleur. Des épanouissements de décors montent des parois internes et du fond d'hori-

zon pour fleurir à l'épiderme des vases, floraisons qui n'ont besoin d'aucune retouche, ou bien deviennent motifs à des finitions exquises... Cette nouvelle production française est due à des recherches de laboratoire menées par Gallé, depuis plusieurs années, avec tout le mystère possible ».

Parvenu à cette hauteur, l'art du verre ne semble pas pouvoir aller plus loin. Un artiste comme Émile Gallé fait songer à un abstracteur de quintessence qui essaierait de matérialiser l'impalpable et de vitrifier le rêve. Ce magicien du feu paraît donner un démenti à ce que nous disions tout à l'heure sur les progrès comparés de la verrerie dans l'antiquité et dans les temps modernes. Mais son exemple est précisément fait pour démontrer la souplesse, la puissance, la diversité et l'étendue des ressources d'une matière telle que le verre, puisque par l'étude chimique de ses modes d'expression, par l'ingéniosité des ornements adaptés aux conditions techniques qui limitent son effort, l'artiste s'en fait un véritable langage assez riche pour traduire les subtils caprices de son imagination, assez éloquent pour émouvoir et séduire. Traité avec une pareille virtuosité, le verre n'est plus simplement un moyen industriel, un agent utilitaire, un élément docile de progrès pour le confortable ou l'hygiène : il se hausse à un rôle supérieur et devient le serviteur de la Beauté, un évocateur de l'Idéal.

L'industrie contemporaine est très loin encore d'avoir dit son dernier mot en ce qui concerne cette matière, et, malgré les récents perfectionnements dus à la science moderne, on n'a pas encore su tirer d'elle toutes les applications que ces perfectionnements mêmes permettent d'entrevoir. Nous avons vu que les recherches des savants et des artistes se manifestent présentement en tous sens à cet égard. Nous avons noté les principaux résultats atteints, sans dissimuler que ces résultats nouveaux ne sont point faits pour nous enorgueillir quand on les compare à ce que fut l'industrie du verre chez les anciens. Mais, en même temps, nous avons affirmé notre conviction que voici précisément l'heure où les multiples tentatives qui ont pour objet les progrès de la verrerie vont enfin se coordonner, se préciser, et aboutir à des conséquences pratiques d'une inappréciable portée. Il est certain que l'architecture actuelle possède des éléments qui aideront promptement à sa transformation décorative et à son adaptation aux lois impérieuses de l'hygiène. Les Américains ont ajouté aux vitraux les étrangetés d'une pâte dont les demi-transparences laiteuses ont souvent d'heureux emplois. Pour ce qui est de la gobeletterie, les procédés scientifiques se

multiplient et offrent à l'ingéniosité des fabricants un vaste champ de combinaisons imprévues: restent à trouver les formes les plus élégantes et les plus rationnelles, les décors du goût le plus pur pour la meilleure utilisation des procédés de la galvanoplastie, de la gravure chimique et autres, dont on s'est rendu maître. Les succès de M. Émile Gallé ont stimulé les ambitions. En Angleterre, c'est M. Webb, qui, après s'être voué aux imitations de la verrerie antique, et après s'être adonné à la copie du vase de Portland, a voulu aller plus loin et trouver de nouveaux effets de couleur. En Autriche, c'est M. Lobmeyr, qui s'est appliqué à rendre aux anciennes verreries de Bohême leur éclat d'autrefois par l'opulence de scintillants émaux. En Italie, ce sont les fabriques de Murano qui ont fait refleurir la gloire des verreries vénitiennes de la Renaissance. En Allemagne, c'est M. Kœpping, qui réalise avec le verre des prodiges de vases dont la forme gracile est empruntée à des fleurs plus légères qu'un souffle. En Amérique, enfin, c'est M. Tiffany, qui, non content de fabriquer des vitraux qu'on dirait faits avec de l'agate en fusion, ou des verres à reflets métalliques qu'on croirait sortis d'un atelier d'un alchimiste, se met encore à façonner des ameublements complets en verre, témoin cet autel extraordinaire qu'il envoya au Salon de 1898 à la Galerie des Machines. On peut beaucoup attendre d'une industrie qui, comme celle du verre, se prête si aisément à tant de manifestations et qui répond à des besoins si différents dans notre société moderne.

CHAPITRE IV

LA VERRERIE D'ART

L'homme ne se nourrit pas seulement de substances matérielles mais il porte en lui un invincible besoin d'idéal et de beauté. L'histoire nous montre que les nations ne furent influentes qu'à proportion de leur civilisation et de leur effort artistique.

Tant que nos honorables députés jouiront du droit d'initiative parlementaire, il est à craindre que la maigre part réservée à l'art, aux artistes, ne soit pas augmentée. En effet, à la fin de chaque législature nous assistons à de véritables orgies de votes destinés à réchauffer la popularité des élus qui prétendent siéger de nouveau, et cela pour leur plus grande gloire sinon pour celle de la nation.

Quinze millions pour l'art sur un budget de trois milliards et demi, alors que l'Angleterre consacre 7 millions, et la Suisse deux millions, uniquement pour leurs écoles de dessin !

Mais la loi de fer imposée au monde moderne et à la France par le militarisme universel veut que les armes passent avant les arts ; tel est l'état de la civilisation comparée de l'art, aux armes, au XXe siècle.

Verrerie artistique.

Nous ne devons pas omettre de citer les applications du verre à la création d'œuvres d'art de tous genres, telles que vases, buires, plateaux, aiguières, coffrets, bonbonnières, coupes, etc., que l'imagina-

tion des décorateurs se plait à rehausser du prestige du dessin et des couleurs en combinant tous les procédés que la gravure, les émaux, les progrès de la chimie et de l'industrie mettent à leur disposition. Dans cette catégorie on trouve des productions qui présentent le plus haut intérêt, non seulement au point de vue du charme souverain dont le goût et le caprice des artistes savent parfois les revêtir, mais souvent

Fig. 160.

aussi au point de vue de l'ingéniosité scientifique avec laquelle sont obtenus des effets curieux ou nouveaux. Nous sommes loin aujourd'hui des virtuosités de métier auxquelles se bornaient jadis les habiles verriers de Venise et qui leur suffirent d'ailleurs pour exécuter tant de chefs-d'œuvre de légèreté et de grâce précieusement conservés dans les musées ! On a singulièrement compliqué, d'autre part, le procédé de gravure en camée consistant à interposer plusieurs couches de verre, chacune d'une teinte différente, et à creuser au moyen du touret plus

ou moins profondément dans ces diverses couches, de manière à faire apparaître tantôt une couleur tantôt l'autre. Le fameux vase de Portland, du British museum, qui reste le type classique de cet antique système de décoration, semblerait maintenant d'une simplicité bien enfantine à nos modernes coryphées du verre, avec ces deux couches de blanc opaque sur du bleu noir, car ils disposent à l'heure actuelle d'une palette autrement somptueuse et de ressources dont ils savent chaque jour varier les résultats.

C'est Emile Gallé, le maître vraiment génial de Nancy, qui personnifie et résume les extraordinaires progrès accomplis par la verrerie d'art en ces dernières années. Déjà, à l'Exposition universelle de 1889, il avait montré, avec quel éclat on s'en souvient, tout ce qu'il est possible de mettre d'art, de poésie, d'intentions profondes et exquises, de pensées délicates et rares dans la composition d'un simple vase à fleurs ou d'une coupe en verre. Il semblait qu'on ne put aller au delà, et animer une matière de plus de sentiment et d'esprit. Cependant à l'Exposition universelle de 1900, M. Emile Gallé est parvenu à faire preuve, sinon de plus grandes qualités d'art, au moins d'une habileté professionnelle plus développée encore. Ce magicien du feu, toujours en progrès sur lui-même, et dévoré du souci d'accroître sans cesse ses moyens d'expression, a ajouté à ses procédés qui étaient déjà si variés, d'autres procédés technologiques dont il convient de faire ici la description avant de dire quel brillant parti l'artiste en a tiré, et pour permettre de bien faire comprendre la portée de ses découvertes.

D'ailleurs, depuis l'année 1865, il est permis de dire qu'Emile Gallé n'a guère cessé d'innover dans ses ateliers de Nancy. A cette date, il se contentait de suivre la tradition paternelle en dessinant sur le cristal blanc, alors uniquement en faveur, les jolies fleurs de la Lorraine qu'il mêlait à des compositions savoureuses où s'affirmait délicatement l'observation de la nature. Puis ce n'est plus seulement au décor qu'il s'applique, mais au renouvellement des formes verrières, et ses constructions de vases s'inspirent peu à peu, avec une originalité singulière, de la faune, de la flore, des coquilles palustres, nervations du muguet, cornet de l'arum, corolle du datura, du narcisse, limbe de liseron, tige de l'angélique, enroulement du bananier, etc. Tout lui est bon pour insuffler de la vie dans le vieux formulaire des galbes usités jusqu'alors en verrerie

A l'Exposition de l'Union centrale de 1884, au Palais de l'Industrie,

Gallé se rencontra avec d'autres artistes du verre, également habiles. A cette époque, on assistait à la reprise superbe de la technique arabe par Brocard ; on admirait les émaillages si purs de Pfulb et Pottier. Utilisant les nuances neutres reproduites d'après les anciens vitraux par MM. Appert, l'ingénieux et très artiste fabricant qui se nommait Rousseau commençait à produire ses magnifiques cristaux massifs, de formes si puissantes et de colorations si imprévues. Dès lors, Emile Gallé s'adonne avec passion à la recherche des décors par les verres colorés. Il ne renonce pas pour cela à son premier art de l'émail sur verre. Il s'efforce au contraire, avec un remarquable esprit de suite, de se rendre maître de tous les moyens imaginables d'ornementation. Sa peinture sur taille et sur gravure de ses débuts, il la fait passer par toutes les phases progressives, depuis la coloration de ses fleurs au touret, jusqu'au revêtement de la gravure sur des couvertes fusibles. Tantôt il emplit de fondants colorés des entailles et des marbrures métallisés tantôt les rugosités voulues, d'un jeu de fonds à l'eau-forte reçoivent des patines propres à mettre en valeur un cristal feuillé d'or comme une eau-de-vie de Dantzig. Et ces gravures elles-mêmes sur des liqueuriers et des flacons, la peinture de vitrail et l'émail de relief les agrémentent de scènes moyen âge inspirées de nos vieux poètes.

Fig. 161. — Verre de cristal taillé, à deux couches, de M. E. Gallé.

Telle fut la première phase des travaux d'Emile Gallé. L'artiste, avec autant de bon sens que de goût, continue toujours à utiliser ses premières conquêtes, et ses innovations récentes ne lui font nullement abandonner les procédés auxquels il dut les succès de ses débuts. C'est ainsi qu'à l'Exposition de 1900, nous avons remarqué non seulement des pièces anciennes qu'il a rééditées en perfection, mais aussi des œuvres nouvelles ornées d'*émaux gouachés à la chinoise* sur porcelaine de verre, qui, grâce à la finesse des tons, sont à la hauteur de ses types du début.

La seconde phase fut marquée par la recherche des colorations. En chimiste consommé, Emile Gallé trouva le moyen d'incorporer dans la

masse du verre les tons les plus divers, les plus inattendus. Il osa souiller de parcelles impures le cristal blanc sous prétexte d'imiter les pierres précieuses. Ces innovations coïncidaient avec l'éducation des yeux par les collections japonaises dont le goût se répandait alors parmi les amateurs. Gallé appliqua des compositions d'animaux et de fleurs sur des tonalités de verre dues à de faibles proportions d'oxyde de cobalt, de manganèse et de sels de fer. Il chercha à rapprocher le verre le plus possible des pierres fines. Il sut transformer instantanément l'aspect du verre blanc ordinaire tiré du creuset en y incorporant à chaud des préparations à bases métalliques, et des verres pulvérisés auxquels il donnait la disposition de marbrures naturelles, de rameaux insérés dans la masse, d'algues, de mousses, d'insectes et même de ferments imités dans leur grossissement au microscope (ainsi sa coupe de Pasteur).

Ses gravures en creux ont le caractère d'entailles profondes et mâles qui accusent et utilisent les accidents voulus des coloris enfermés dans les épaisseurs. Ce n'est pas tout, à la suite de ses recherches sur l'histoire et la technique du verre chinois, Gallé inaugure sa manière de traiter les vases de verre comme des camées à plusieurs couches. Il reprend l'art antique des vases de Naples et du British Museum, et il le rajeunit. Dans le même esprit, Rousseau, auquel on ne saurait refuser le titre d'initiateur, faisait revivre, lui aussi, la tradition de gravure en camée, et exécutait des gravures de poissons japonais qui émerveillèrent les connaisseurs. Il y eut un instant lutte d'émulation entre les deux artistes, qui s'estimaient l'un l'autre, en poursuivant simultanément leurs recherches dans un sentiment très personnel et très différent. Mais Rousseau, avant d'être parvenu à l'âge de la retraite, s'éteignit prématurément.

Quant à Gallé, il arriva à l'apogée de la réputation, en 1889, et il sembla qu'on ne pouvait aller plus loin, comme prestigieux tours de force, qu'il ne le fit dans les verres camées offerts au Czar par la ville de Paris et avec la série incomparable qui commence au gobelet d'Edmond de Goncourt et va jusqu'aux *Bol aux Ephémères,* réseau de cristal agate rose sur verre agate moussue et jadéite, jusqu'à la coupe mystérieuse de la comtesse Greffulhe, camée de pâtes d'ambre et d'or, jusqu'à la *Buire au coudrier*, jusqu'à l'*Urne aux Ombelles* incluses dans la matière, et aux vases des collections Germain Bapst, Henry Hirsch, Edmond Taigny, Léon Cléry, de Rothschild et des musées du monde entier,

L'Exposition Universelle de 1900 a montré dans quelle nouvelle phase de travaux était entré Emile Gallé au point de vue de la technique verrière. Elargissant le domaine de ses découvertes, il a eu recours à deux procédés principaux, totalement inédits, et pour lesquels il a pris des brevets, afin de varier ses méthodes de décoration. Ces deux procédés sont appelés à prendre rang et à dater dans l'histoire

Fig. 162. — Vaso en cristal, gravure en camée : « Orphée perdant Eurydice ». Composition et fabrication de M. E. Gallé, de Nancy (Exp. 1889, collection de M. Cléry).

de la verrerie sous les titres que l'auteur leur a donnés dans la description de ses brevets : *Patine et marqueterie des cristaux*. En voici la description sommaire. Parlons d'abord de celui qui est relatif à la patine.

« L'opération de la patine, nous dit M. Gallé, utilise les actions qui se produisent sur les masses pâteuses des verres, suivant leur composition chimique, la durée plus ou moins prolongée de l'opération, la qualité chimique de l'atmosphère du fourneau, la nature des vapeurs, des poussières dont on la charge. La transparence s'altère par

des dépôts ou par une sorte de dévitrification superficielle, possédant une composition chimique et moléculaire, des propriétés optiques et des dilatations différentes de celles du noyau primitif. Cette gangue est utilisée comme une matière nouvelle dans l'ornementation. »

Ainsi, Emile Gallé provoque ces accidents au moyen d'un ouvreau spécial et d'empoussiérages organiques, chimiques, vitreux. Il en obtient des effets, il faut le reconnaître, extrêmement curieux : aspects de tissus, crepons, tulles, peaux, rugosités, effets de neige, de brouillard, de pluie, etc. Ces effets prennent encore plus de valeur quand ils sont interposés dans des doublés. Ils peuvent être craquelés, cannelés, marquetés à chaud, gravés, décorés à froid, et recouverts ensuite de plusieurs couches de cristal.

Quant à l'autre procédé, relatif à la *marqueterie des verres,* il n'est pas moins intéressant et tend à donner à l'artiste verrier une liberté jusqu'ici inconnue pour multiplier les effets de coloration. Le système des verres à deux, trois ou quatre couches colorées, successivement découpées ou gravées, qui a permis pourtant à Gallé d'exécuter tant de chefs-d'œuvre, est ici de beaucoup dépassé, car il s'agit désormais de fixer directement et à chaud, dans la matière molle, durant la fabrication même des vases, côte à côte sur une même pièce, à peu près toutes les nuances imaginables de verres comme un peintre sur une toile.

A coup sûr, on connaissait depuis longtemps l'art d'incruster à chaud des fragments de verres, des filets, des godrons. Dans l'antiquité, on savait marbrer et pastiller le verre. On fabriquait en pate dure des figurations d'animaux d'une extrême finesse, destinées à être enfermées dans des masses vitreuses, à l'instar de Venise. Dans les cristalleries industrielles, c'est un jeu habituel d'enclore de même des *mille-fiori* et des moulages réfractaires dans les presse-papiers de cristal.

Mais la nouveauté du procédé de Gallé — d'une incontestable valeur et qui a des avantages multiples comme nous allons le voir — consiste à insérer à chaud dans la masse vitreuse à l'état pâteux, des lamelles de verre de figures déterminées, à les disposer dans un ordre précieux comme les pièces d'un vitrail, et même ornées par avance de façonnages, et à les faire pénétrer dans la masse par pression, souvent même à les y enclore par une couverte.

On comprend, sans qu'il soit besoin d'autres explications, tout l'in-

térêt de ce procédé sous le rapport des combinaisons décoratives qu'il rend possibles. Assurément, il y faut beaucoup d'adresse, car ce n'est pas chose facile que de poser et d'insérer une centaine et plus de pièces de mosaïque de verre sur un vase, sans parler des opérations de réchauffages successifs qui sont à chaque fois rendues nécessaires, ni du travail habituel d'ébarbage, de façonnage pour lequel la gravure, différente de celle du camée, prend le nom de ciselure. Mais il importe de remarquer que l'ouvrier chargé de ces marqueteries a pour ainsi dire, le plaisir de jouir, au fur et à mesure qu'il avance dans sa besogne de l'effet produit par les pièces de verre qu'il assemble et ajuste les unes après les autres. Dès lors, il devient décorateur, paysagiste, coloriste ; il fait, comme le peintre, œuvre de réflexion, de sentiment et de goût, durant la pose de son vitrail dans la masse. Il voit et comprend lui-même la signification de ce qui sort de son labeur. Il apporte quelque chose de son cerveau dans le travail de ses doigts, et il en mesure le charme naissant. En un mot, il développe ses facultés d'attention, de jugement, par l'obligation d'une habileté très spéciale. L'œuvre y gagne singulièrement dans son ensemble. Tandis que les verriers antiques et les vénitiens n'étaient guère et ne pouvaient être que des virtuoses de la forme, parfois aussi de la couleur, plutôt que des artistes proprement dits, les collaborateurs d'Emile Gallé, en marquetant leurs verres deviennent de véritables créateurs de décors.

Examinons à présent ce qu'a su faire Emile Gallé avec ses nouveaux procédés, et passons rapidement en revue les principales pièces de son exposition. Tout d'abord, constatons qu'il les a mis au service de son principe que nous trouvons rationnel, c'est-à-dire « le décor inspiré de l'observation de la nature » suivant son habitude, il s'est proposé pour chacun de ses ouvrages, et selon la destination de l'objet, soit un thème littéraire, soit un texte spiritualiste, soit un vers de poète, ou quelque belle ou grave pensée. Il les traduit tantôt à l'aide du paysage translucide inséré dans les pâtes du verre, comme dans telle coupe intitulée, d'après Michelet, la *Grande communion de la Nature.*, œuvre appartenant au maître-verrier de Cognac, M. Boucher. Tantôt, il se sert de la figure humaine, comme dans un encrier qu'il dénomme la *calomnie,* ou bien comme dans un vase où la *Verrerie* est personnifiée par une femme enflant une bulle de verre parmi la flamme (Vase appartenant à M. Boucher, de Cognac). L'artiste emprunte aussi ses motifs à la faune : au travers des profondes eaux, azurées, comme celles d'une grotte à basalte, il laisse entrevoir les larves, les hippocampes, les sala-

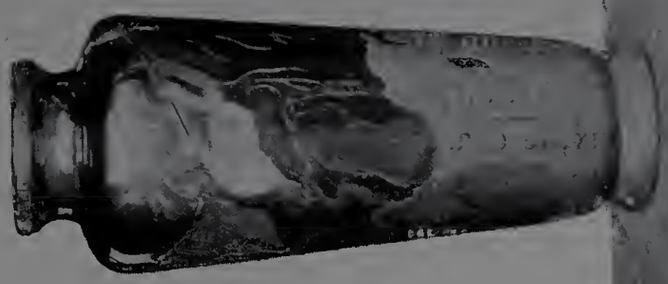


Fig. 165.

Fig. 164.

Fig. 163.

mandres, les animaux inconnus de la mer. Mais le plus souvent, l'illustration de son thème s'opère à l'aide d'une plante symbolique, reproduite dans la vérité de ses coloris et la poésie de ses attitudes. A l'aide de tous les prestiges de la lumière, de tous les passages et les nuances des couleurs rompues et transparentes, il réussit à créer, à l'entour de ces acteurs principaux, le chardon, la fleur de passion, le blé, l'algue, la fleur sanglante du Cap, une ambiance de l'atmosphère, de la saison, de l'heure, matin, soir, nuit, printemps, automne, des impressions de joie ou de mélancolie.

C'est Michelet, je crois, qui a si justement remarqué que la peinture, si habile soit-elle, est impuissante à rendre l'aspect réel des choses et la vérité splendide de la couleur vivante. Elle donne bien le dessin d'une fleur, mais ce n'est qu'une forme inerte ; elle indique bien ses nuances, mais ce ne sont que des teintes plates, quoi qu'on fasse, et qui n'en rendent point l'onctueuse douceur, la souplesse, la tiède émotion. Les émaux eux-mêmes, trop luisants, traduisent avec des duretés cette molle et tendre créature qu'est la fleur. Avec les verreries marquetées d'Emile Gallé, la traduction est devenue possible. Un écrivain de talent, M. de la Sizeranne, a excellemment exprimé cette vertu particulière des œuvres du maître de Nancy dans une page sur *l'Art à l'Exposition de 1900*, que je demande la permission de reproduire ici :

« Regardez, dit-il, la vitrine intitulée : *l'Ame de l'eau*, cette couleur en suspension dans la mer que la peinture ou l'émail seuls ne pourraient donner, la voici en suspension dans le cristal. Contemplez le vase des *Hippocampes* où vous lirez ce vers de Baudelaire :

C'est là que j'ai vécu dans les voluptés calmes.

« Maintes et maintes pâtes colorées ont été juxtaposées par le verrier sur la masse chauffée à blanc que lui tendait le souffleur. De sa pince de fer, il appliqua les lambeaux de verre colorés pour figurer les algues, les coquilles, les hippocampes montant vers la surface. Et tout cela, cent fois, est rentré dans le feu. Refroidie et mise entre les mains du graveur, chacune de ces formes a été reprise au touret, serrant du plus près possible le dessin primitif. De longues journées se sont passées à ce travail scabreux, bourdonnant et subtil. Mais il y a encore dans la nature une ambiance et un fondu qui ne sont pas ici. Dans la mer, l'hippocampe n'apparaît point par dessus l'eau comme ici par dessus le verre, mais dedans. L'eau n'est pas un fond : c'est une enveloppe. L'artiste veut cette enveloppe. Le premier décor qui lui a coûté

tant de peine, il le rejette au feu, et tout ce décor, il l'enveloppe d'une autre couche de verre épaisse avec la certitude de voiler son travail, et au risque de tout briser. Inquiet, penché vers l'ouvreau du four et le lendemain plus encore, à l'ouverture de la chambre où refroidissent ses verres, l'artiste attend la fortune de son étrange audace. Un cri de joie... Le feu a compris ce qu'on voulait de lui... »

Et le même écrivain ajoute avec infiniment de raison : « Ce n'est plus là du Murano ni de la Bohême. Ce n'est plus une feuille de verre qui vibre sous l'ongle comme une chanterelle, ni un polype de miroirs qui

Fig. 166.

reflète la lumière comme un diamant. On ne cherche plus la limpidité, but suprême des ouvriers d'autrefois, ni la facette, triomphe de ceux d'hier. Le verre n'est plus un transmetteur comme la vitre, ni un écho comme le miroir. Il a lui-même quelque chose à dire, et ce quelque chose, c'est la chanson grave ou tendre ou joyeuse de la couleur ». Avec Emile Gallé, le verre palpite de tous les rêves dont il lui plaît de l'animer ; il garde le reflet fugitif des nuages qui passent, de la mousse qui, lentement, se laisse couler au fond des ruisseaux clairs, des feuilles à peine jaunies qui tournoient sous le vent d'automne, des lueurs d'un crépuscule, de tout ce qui, dans la nature, ne dure que quelques heures, et dont le rapide mirage ne resterait dans notre esprit qu'à l'état de souvenirs si le verre n'en venait perpétuer les couleurs pour l'enchantement de nos yeux.

Après Emile Gallé, tout ce qui a été tenté dans la Verrerie d'art pa-

rait bien fade et sans grande saveur. Comment suivre, en son vol hardi, ce capricieux poète qui invente et décore avec une si prodigieuse adresse toutes les formes qu'il entrevoit en rêve ! De tels hommes ne sauraient faire école, car le génie n'engendre point l'imitation.

Cependant, il serait injuste de ne point mentionner les méritoires efforts de MM. Daum frères, dont l'usine, également installée à Nancy, produit des verreries qui s'inspirent de celles de Gallé et dont beaucoup sont vraiment remarquables. A l'Exposition de 1900 on a vu quantité de ces œuvres, intéressantes par le dessin et les colorations, qui étaient

Fig. 167.

Fig. 168.

classées par séries, selon les procédés techniques avec lesquels sont obtenus les décors. Il est évident que MM. Daum frères ont recours à des artistes de valeur qui sont hantés par le désir d'imiter Gallé. Quant aux procédés de métier qui appartiennent en propre à leur fabrication, ils ne sauraient nous retenir.

A l'Exposition de MM. Daum, et à celle de divers autres producteurs, notamment de M. *Christian*, de MM. *Burgem* et Cie (brevet allemand), nous retrouvons des verres doubles qui se distinguent de ceux faits au XVIIe siècle en Bohême, par ce fait que le décor a été enfermé à chaud et qu'il a lui-même subi plusieurs cuissons.

L'Italie est, peut-on dire, la patrie de la verrerie artistique. Elle n'en

a plus le monopole, tant s'en faut, et nos maisons françaises surtout, sont loin d'avoir à redouter le voisinage des maisons italiennes : celles-ci produisent pourtant toujours des pièces remarquables.

Parmi celles qui ont pris part, non sans éclat, à l'Exposition se distinguent particulièrement les verreries *Candiani*, de Venise, et *Fontana*, de Milan.

Le verre concourt maintenant, et cela d'une façon importante, à la décoration de l'ameublement. Nos demeures sont closes en partie et éclairées par le verre. Le mobilier est essentiellement composé d'objets en verre comme il l'est d'objets en bronze, en fer, en cuivre, en bois, en céramique. L'art est donc pour les verriers un maître qui doit être respecté, consulté, et cela afin même de multiplier les applications de ce magnifique produit.

Les électriciens ont commencé à demander des formes nouvelles, à exiger pour des applications récentes le concours des artistes, et de tous côtés nous assistons aux efforts naissants, dont quelques-uns déjà sont couronnés de succès.

Parmi les verriers qui se sont spécialement occupés de trouver des débouchés nouveaux au point de vue de l'éclairage, nous citerons la maison Appert, puis la verrerie Stumpf Touvier, Violet et Cie de Pantin, dont Touvier est l'âme, étant à notre avis l'un des premiers verriers praticiens du moment.

Nous devons citer aussi la verrerie Houdaille et Triquet, de Choisy-le-Roi, verrerie reconstruite récemment à la tête de laquelle se trouve un ingénieur électricien, verrier de valeur — M. Triquet — nouveau venu dans cette industrie et qui ne connaissant pas, au début, les difficultés à vaincre, est parvenu à les surmonter en partie, tellement il est vrai que la fortune sourit aux audacieux persévérants.

D'autres industries du mobilier, celle du bronze notamment, a eu recours en ces dernières années à la verrerie pour la création de nouveaux modèles d'appareils d'éclairage.

L'éclairage par l'électricité, plus que tout autre, se prête à des décorations multiples, capricieuses. L'imagination des artistes peut sur ces bases se donner libre carrière et s'il y a un écueil à éviter, c'est la création de modèles trop compliqués, l'artiste tenant à se dégager du passé en voulant créer un genre absolument neuf.

Parmi les lustres et appareils d'éclairage remarqués à l'Exposition de 1900, et depuis, nous citerons d'abord le lustre « Vagues et Sirènes » exposé par M. H. Vian.

Fig. 169. — Lustre « Vagues et Sirènes », en cristal et bronze doré, par M. H. Vian.

M. Vian (1) avait réuni dans un salon ses « compositions modernes », Aux angles, des bouquets, des lys, des chrysanthèmes, aux fleurs lumineuses, sortaient des boiseries pour s'épanouir dans la corniche. Un petit lustre à roseaux et coquilles d'un effet simple et confortable, avec quelques autres ornements garnissaient ce salon et lui donnaient un cachet bien moderne.

M. H. Vian s'était placé, dans son exposition, au point de vue d'un artiste du XVIIIe siècle ayant l'électricité à sa disposition.

Mais on peut envisager le problème à résoudre sous des aspects différents, selon la destination de l'appareil à construire, et selon le milieu dans lequel il est appelé à figurer.

S'il faut éclairer un vestibule, un salon, une salle à manger, ou s'il s'agit de créer une lampe mobile pour bureau, pour cabinet de dame, ou pour tout autre usage, la lumière devant être répartie d'une façon spéciale aux besoins, l'artiste devra varier ses formes en conséquence, là, c'est la torchère qui est indiquée ; ici c'est le lustre, les appliques, etc. Les ampoules électriques peuvent être placées indifféremment de bas en haut, ou de haut en bas, fixées rigidement, laissées mobiles, enfermées dans le calice d'une fleur, sous la forme d'un fruit, dans une boule de cristal, etc.

On peut multiplier à l'infini les combinaisons de décors.

L'éclairage par l'électricité offre à la verve des artistes un champ plus vaste que l'éclairage par le gaz.

Le chef de l'une des plus anciennes et importantes maisons qui se soient consacrées à l'éclairage, M. Gagneau, s'est appliqué à trouver des modèles variés, se rattachant par l'inspiration et l'exécution à nos styles français. Il y avait à remarquer, dans cette exposition, une grande torchère, de M. Rozet. Au milieu de fleurs et de verdure, dans une vasque en treillis de bronze en forme de jardinière, se dresse un fût de marbre, sur lequel s'élèvent trois montants constituant l'architecture de cette torchère. Dans les intervalles, trois femmes, les bras arrondis au-dessus de leurs têtes, portent chacune un panier de fruits lumineux en cristal, et, sur le plateau supérieur, un vase ajouré à cabochons forme cassolette, à flamme de cristal. Ensemble très léger, style Louis XVI.

Puis, du même Rozet, M. Gagneau a exécuté un lustre original, dans

(1) Les pièces de verre ou de cristal exposées par M. Vian proviennent de la verrerie Houdaille et Triquet, de Choisy-le-Roi. De même que les pièces exécutées pour la maison Rollet.

lequel des branchages de roseaux lumineux, reliés par des rubans, donnent la silhouette générale et laissent entre eux place à quatre coquilles dont le cristal, légèrement teinté, tamise la lumière intérieure.

Nous devons citer encore, dans l'exposition de M. Gagneau, deux lustres électriques, styles Renaissance et Régence, composés par MM. Gallot et Lambert. Puis également, des mêmes artistes, une grande applique « nature » formée d'une vasque avec glaçons, de laquelle s'élancent des tiges de fleurs, d'arums, de lis et de roseaux. Puis deux lampes conçues dans le même esprit, l'une avec muguet, l'autre à roseaux, avec conque en cristal, sertie dans les feuillages, du sculpteur Joindy.

Signalons aussi la torchère originale, à tous points de vue, de M. Piat — La Nature — exécutée par la maison Mottheau, une applique — Libellule — du même artiste.

Signalons encore, chez M. Soleau, l'éditeur des œuvres de Chéret, le fabricant distingué, le chercheur infatigable, les guirlandes de perles éclairantes, ses fleurs lumineuses, avec émaux chatoyants ou cristaux irisés qui sont de son invention et sont caractéristiques. M. Soleau sait tirer de ces inventions un parti varié, original, qui font de ses appareils et de ses adaptations à l'éclairage un genre particulier que M. Vivian caractérisait de « lumière architecturale ». En plus de ces motifs qui lui sont particuliers, M. Soleau exposait : un gracieux panier Louis XVI et un lustre dessiné par lui-même, composé d'une vasque en panneaux de cristal, sous laquelle des mascarons crachent des lampes qui dissimulent des chutes de perles formant glaçons. Puis une applique, qui avec des combinaisons de cristaux teintés et de cabochons mêlant leurs couleurs aux ors des bronzes, est d'un effet superbe. Puis encore un reliquaire lumineux, éclairé par des vitraux de couleurs, que portent deux chevaliers.

La maison Colin exposait une fontaine décorative, d'allure Louis XV, destinée à un vestibule. Les coquilles formant vasques sont bien petites, mais l'ensemble est brillant, les figures comme les ornements sont d'une exécution parfaite, un bouquet de fleurs électriques sert de motif d'éclairage, l'ensemble fait honneur à l'artiste M. Pain. Puis aussi un joli lustre à paniers de fleurs électriques.

Un spécialiste en éclairage électrique, M. Beau, a exposé une série de lustres qui ont obtenu un grand succès de curiosité. Le sculpteur J. Dampt a exécuté là une série d'œuvres très simples, de silhouette très arrêtée, avec de grandes fleurs de cristal bizarrement découpées.

Nous avons, à l'aspect de ce cristal, reconnu la facture du maître *Touvier*, l'un des meilleurs verriers de l'époque actuelle.

Pour clore cette série déja longue, il me faudrait citer encore MM. Lacarrière, Blot, Coupri, Lerolle, Millet, Lapointe, Pain et Radonau, Baguès, Houdebine, Vildieu, Renou, Bureau.

Puis les verriers, Stumpf, Touvier, Violet, Appert, Landier, Legras, etc. Puis aussi le *maître Gallé* et tant d'autres. Bronziers, artistes, verriers unissant leurs efforts ont créé une branche nouvelle, importante, pour l'industrie française. Ce que nous avons vu à l'Exposition de 1900, ce que nous avons admiré depuis dans les magasins, les ateliers de nos principaux artistes et fabricants de Paris, nous ont convaincu que là encore le goût français, l'habileté de nos artisans nous assurent toujours le premier rang dans le monde pour cette branche nouvelle de l'industrie de l'ameublement.

La verrerie, la cristallerie ne se sont pas développées uniquement au point de vue de leur adaptation à l'éclairage.

A la dernière Exposition on remarquait entre autres œuvres de la verrerie adaptée au mobilier, un surtout de table, par exemple, exposé par la maison Christofle — *L'air et l'eau.* — Ce surtout composé et modelé par le statuaire Rozet supportait des coupes de verre opalin fondu, moulé, chez MM. Appert et constituait une véritable œuvre d'art.

« La bordure est en forme de flots roulant des poissons et des coquillages, des figures, dont les extrémités inférieures sont plongées dans les eaux, symbolisent les quatre continents baignés par les océans. Elles portent des coquillages lumineux en cristal opalin et mordoré. De la bordure, les flots se soulèvent en une vague lumineuse, dont la crête se brise en écume, et donne naissance à un nuage, figuré par un bloc de cristal opalin, d'où émerge une figure d'ivoire tenant un rameau fleuri.

C'est Flore qui symbolise la vie végétale à la surface du globe.

Mystérieuse, féconde, calme ou terrible, la Mer est l'image grandiose du mouvement, et de la vie qui ne finit pas.

L'Air, à sa surface, aspire et purifie l'eau, qui, sous forme de nuage, va porter sur les continents les rosées bienfaisantes. Neige sur les montagnes. Pluie dans les vallées, l'Eau alimente les lacs, les rivières et les fleuves, et retourne à la Mer, source intarissable de toute vitalité

Au chapitre de l'émail nous avons cité les progrès réalisés par le artistes français, par les Bapst et Falize, Lalique, Thesmar.

A côté de ces grands fabricants de bronze, d'argent, nous devons citer la maison Rollet dont les créations moins artistiques que celles des Vian, des Suau, Gagneau, etc., ne sont pas moins intéressantes en ce sens que plus simples de création et de fabrication plus facile comme montage, ces objets s'adressent à un public plus nombreux et nous voyons là un débouché considérable des objets en verre ou en cristal.

Ces appareils d'éclairage sont pour ainsi dire créés à chaque renouvellement d'année par la maison Rollet et sont exportés en grand nombre, en voici quelques exemples.

Ces multiples modèles figurent dans les jardins, dans les appartements, sur les tables auxquelles elles donnent un aspect féerique, et les étrangers sont très amateurs de ces objets qui agrémentent leurs demeures et leur donnent un aspect de somptuosité qu'ils recherchent et qui est en quelque sorte, la nuit, le complément des somptuosités de leur climat et de leur végétation.

Applications diverses du verre

FABRICATION DE PLUMES EN VERRE

D'après M. C. Meyrel, français, domicilié à Cordoba (République Argentine), on file et on tisse le verre. On le trempe comme certains métaux et, comme à ceux-ci, on lui communique par une trempe appropriée, tel ou tel degré de dureté d'élasticité, même, « d'incassabilité », etc.

Le verre est inoxydable sauf par quelques rares acides, entre autres l'acide fluorhydrique, aucun corps ne l'attaque. Cette propriété de résister à l'action des acides et d'être rebelle à toute oxydation, fut-il en contact prolongé avec les encres les plus corrosives, rend le verre éminemment convenable à la fabrication des plumes à écrire.

Les différents systèmes de trempe du verre et les procédés de fabrication des plumes métalliques, procédés qui pourraient être, en partie, appliqués à celle des plumes que je nommerai « Hyalines », sont trop connus pour qu'il soit utile d'entreprendre leur description; cependant il est bon de signaler les opérations qui paraissent devoir conduire à l'application pratique de cette invention.

Il faut:

1° Fabriquer, en feuilles de 1/3 de millimètre d'épaisseur et en carré de $0^m,35 \times 0^m,35$ environ un verre *ad hoc* dans la composition duquel entreraient les éléments colorants, suivant les teintes qui conviendraient

au produit, à moins que l'on ne préfère conserver la transparence ou la translucidité naturelles du verre proprement dit avec son apparence incolore.

2° Introduire successivement chaque feuille ainsi préparée, c'est-à-dire de dimensions strictement exactes entre elles après ramollissement convenable au four, entre deux châssis moules en acier, ou peut-être en platine, représentant l'un, par ses cannelures longitudinales et parallèles, le creux de la plume, l'autre, le dos, par ses saillies correspondantes, afin de faire subir au verre, à l'état plastique et à l'aide d'un balancier une pression énergique, mais mesurée, et lui donner la courbure voulue ; puis faire jouer, immédiatement après, les couteaux séparateurs et les poinçons-perceurs ou emporte-pièce dont sera muni le châssis supérieur pour obtenir la section de chaque plume, la forme du bec et le tronc qui doit servir d'arrêt à la fente dont il sera parlé plus loin.

Après refroidissement l'ouvrière introduira la plume, bec en avant, dans un petit gabarit fixé à un coulisseau glissant entre deux diamants se faisant vis-à-vis, l'un la pointe en haut, l'autre en bas, lesquels en se rapprochant automatiquement, exerceront la pression nécessaire sur le bec de la plume, du trou à l'extrémité de la pointe, lorsque l'ouvrière retirera le coulisseau à elle. Les deux traits supérieur et inférieur, laissés par les diamants, sur le bec de la plume, seront légèrement marqués et ne devront pas produire, d'emblée, la séparation complète du bec sous peine de rupture de l'une ou de l'autre des deux pointes, à leur extrémité, peut-être même des deux pointes en même temps.

4° Ainsi préparées, les plumes subiront un recuit dont le degré est à déterminer, puis elles seront précipitées dans un liquide carburé, huile ou autre. La contraction qui se produira par le passage subit d'une température élevée à une température plus basse provoquera la rupture du verre, à l'endroit sur lequel les deux pointes de diamant auront frotté. D'où la fente.

5° Reste l'aiguisage, qui sera identique à celui de la plume métallique, et la trempe définitive, qui sera déterminée par qui de droit, tant pour le choix et la température du liquide convenable que pour le degré de dureté et d'élasticité à donner à l' « hyaline ».

Du reste, je ne doute pas un seul instant que quelques expériences rapides et peu coûteuses dans un laboratoire réservé, n'aient vite rai-

son des appréciations sceptiques qui pourraient s'élever à la lecture de cette description.

L'économie qui résulterait de la substitution d'un sable quartzeux au minerai de fer transformé en acier n'a pas davantage besoin d'être démontrée pour faire ressortir la supériorité qu'obtiendrait sur ses concurrents actuels, le fabricant de plumes de verre ou de cristal.

Le verre peut, par d'innombrables avantages, économiques et autres, être substitué au métal dans la fabrication des plumes à écrire.

La plume « Hyaline » est la plume de l'avenir.

Le calcul démontre que l'équivalent de un mètre cube de verre peut produire, en chiffres ronds, 6.000.000 (six millions) de plumes de dimensions usuelles, comme le type Perry, n° 335, par exemple, et le calcul démontre aussi, mais d'une façon moins péremptoire, les facteurs étant ici moins certains, qu'il faudrait la production de trois mètres cubes de verre, soit dix-huit millions de plumes, pour alimenter la consommation journalière et universelle de ce minuscule et indispensable objet qu'est une plume à écrire. Si je ne suis pas dans le vrai, que l'on me permette de trouver mon excuse dans la difficulté d'établir, même approximativement, une semblable statistique.

Il y a là me semble-t-il, des éléments suffisants pour la création d'une industrie spéciale.

L'Académie des Sciences, dans sa séance publique du 22 décembre 1902, vient de décerner le prix Montyon à M. C. Boucher.

Voici ce rapport :

« PRIX MONTYON (ARTS INSALUBRES).

« (Commissaires : MM. Schlœsing, Moissan, Gautier, Haller;
« Troost, rapporteur.)

« La Commission a attribué le prix à M. **Claude Boucher.**

« *Rapport sur les procédés de fabrication mécanique*
« *des bouteilles, de* M. Claude Boucher; par M. **Troost.**

« La fabrication des bouteilles était, jusque dans ces dernières an-
« nées, considérée comme une des industries les plus meurtrières. Lors-

« qu'on visitait une verrerie à bouteilles, on était frappé par l'agglomé-
« ration d'ouvriers souffleurs, grands garçons et cueilleurs, entassés sur
« la plate-forme de travail, à côté du four de fusion, dans une atmosphère
« suffocante. Ils avaient à peine l'espace pour se mouvoir.

« Les ouvriers chargés de la confection des bouteilles étaient soumis
« à un véritable surmenage, dû non seulement à la grande rapidité avec
« laquelle les bouteilles doivent être façonnées, à la fatigue du souf-
« flage, et au poids du verre, auquel s'ajoutait celui de la canne maniée
« d'une manière continue, mais aussi aux conditions dans lesquelles ils
« travaillaient, obligés de se tenir en permanence à proximité du four
« contenant le verre en fusion, dont le rayonnement leur causait à la
« longue une grave affection de la vue.

« Il en résultait que, dans les fabriques de bouteilles, les ouvriers ne
« pouvaient exercer leur profession que jusqu'à un âge peu avancé.

« A 45 ans, la plupart se trouvaient usés et incapables de continuer
« le travail.

« Le recrutement de cette catégorie d'ouvriers était de plus en plus
« difficile.

« Frappés de ces inconvénients, un grand nombre d'inventeurs se
« sont ingéniés à trouver des procédés permettant de remédier à ce qu'a
« d'épuisant ce travail de la préparation et du soufflage de la bouteille.

« Mais les procédés mécaniques imaginés pour éviter aux ouvriers la
« fatigue du soufflage à la bouche, et les dangers des graves maladies
« contagieuses auxquelles il expose, ne dispensaient pas d'un long ap-
« prentissage, pouvant durer 7 à 8 ans ; ils exigeaient toujours une
« habileté manuelle s'exerçant dans des conditions particulièrement pé-
« nibles ; aussi n'ont-ils qu'imparfaitement répondu au but qu'on se
« proposait d'atteindre.

« Il en a été de même de nombreuses inventions destinées à substituer
« complètement les moyens mécaniques au travail manuel.

« Le problème a été pour la première fois résolu, d'une manière com-
« plète par M. Claude Boucher, maître verrier à Cognac (Charente).

« Il avait commencé à travailler, à l'âge de 10 ans, dans une verre-
« rie ; mettant à profit les observations journalières qu'il avait pu faire
« dans sa longue pratique, il a cherché très judicieusement, et c'est là
« une des causes de son succès, à se rapprocher le plus possible, par les
« dispositions mécaniques qu'il adoptait, de la succession des opéra-
« tions manuelles par lesquelles l'ouvrier façonnait jusqu'alors les bou-
« teilles.

« A la suite de cinq années d'essais et de tâtonnements, il est parvenu « à créer une machine de construction simple et robuste, avec laquelle « les ouvriers arrivent, au bout de quelques jours, à être capables de « fabriquer les bouteilles, les carafes, les flacons et bocaux les plus di- « vers.

« M. Boucher a réalisé ainsi la suppression du long apprentissage, « jusque-là indispensable.

« De plus, les manipulations pénibles et dangereuses ont été suppri- « mées. L'ouvrier chargé de puiser le verre n'a plus maintenant une « lourde canne, mais une simple tige de fer très légère ; il ne demeure « plus pendant de longues heures dans le voisinage immédiat du four, « il va porter à la machine le verre qu'il a cueilli, et l'y laisse couler « dans un moule mesureur préalablement porté à une température con- « venable.

« Le mouleur, assis devant sa machine éloignée du four, n'est ni fati- « gué par une atmosphère surchauffée, ni exposé à perdre la vue par la « réverbération du verre en fusion. Après avoir coupé le verre qui dé- « passe le moule mesureur, il n'a plus qu'à agir sur des pédales ou des « manivelles, pour la manœuvre des différents moules où passe succes- « sivement la matière, et pour le réglage de l'air comprimé qu'il em- « ploie, sous deux pressions différentes, suivant les phases de la fabri- « cation de la bouteille.

« L'ouvrier verrier, faisant dorénavant un travail beaucoup moins fati- « gant que par le passé, pourra exercer sa profession jusqu'à un âge « plus avancé. Son salaire n'est d'ailleurs pas diminué grâce à ce que « dans le même temps on fabrique un plus grand nombre de bou- « teilles.

« Le patron y trouve, de son côté, une sécurité plus grande pour l'or- « ganisation de son travail, et, en particulier, au point de vue des « grèves, par suite de la suppression du long apprentissage.

« La machine inventée par M. Boucher fonctionne déjà industrielle- « ment non seulement en France, mais en Belgique, en Espagne, en « Italie et en Amérique.

« Des licences ont été concédées qui permettront son emploi pro- « chain en Angleterre, en Russie, en Hongrie et au Japon.

« La Société d'encouragement pour l'Industrie nationale a consacré « la valeur de cette invention, au double point de vue de l'industrie et de « l'hygiène des ouvriers, en décernant une médaille d'or à son auteur.

« Le Jury international de la Classe 73 de l'Exposition universelle de

« 1900, « reconnaissant à l'unanimité que M. Claude Boucher a, le pre-
» mier, résolu le difficile problème de la fabrication mécanique des bou-
» teilles, reconnaissant également l'immense service rendu par cet in-
» venteur à l'industrie verrière et à l'hygiène des ouvriers verriers, lui a
» décerné un Grand Prix ».

« Votre Commission est assurée d'entrer dans les vues du fondateur
« du prix des Arts insalubres, en vous proposant de décerner le prix
« Montyon à M. **Claude Boucher**.

« Les conclusions de ce rapport sont adoptées par l'Académie ».

DIXIÈME PARTIE

LA VERRERIE A L'ÉTRANGER

CHAPITRE PREMIER

LA VERRERIE EN RUSSIE

Les déceptions que certains fabricants belges, puis des fabricants français, ont éprouvées en Russie depuis quelques années nous créent le devoir d'établir ici la situation réelle de la verrerie en Russie ; de cette façon, mieux fixés sur les besoins et sur la production de la Russie, les fabricants franco-belges pourront peut-être mieux étudier la question consistant à s'implanter en Russie, et à ne pas augmenter trop rapidement la production, alors que les besoins, la consommation, ne se sont pas développés parallèlement. Ces renseignements sont les documents officiels publiés à la suite de l'Exposition universelle de 1900 sous le patronage de M. de Kovalevsky, adjoint au Ministre des finances, le Ministre russe le plus influent, qui nous avait déjà donné des renseignements utiles à notre voyage en Russie en février 1901 ; nous sommes heureux de lui en exprimer ici de nouveau toute notre gratitude.

Verrerie

Début de l'industrie du verre ; son importance actuelle. Combustible et matière première. Situation technique. Bouteilles : verres de table, fioles de pharmacie et verres de laboratoires : verres de lampes, vitres et glaces. Divers articles en verre.

Il convient de faire remonter à l'année 1635 l'établissement de l'industrie du verre en Russie ; c'est, en effet, à l'époque du Tzar Michel Téodorovitch, que le Suédois Elisé Kokht fonda, près de Moscou, la

première fabrique russe de verre. Lorsque le privilège de quinze années accordé à Kokht fut expiré, plusieurs autres verreries furent créées par d'autres industriels aux environs de Moscou, mais ces entreprises nouvelles n'ayant été ni soutenues ni encouragées, elles n'eurent pas de succès et l'extension de l'industrie du verre en Russie fut momentanément arrêtée. Ce n'est qu'au commencement du XVIIIe siècle qu'elle se ranima, lorsque le Tzar Pierre le Grand eut pris à son égard des mesures d'encouragement et que l'on commença à envoyer des ouvriers russes faire leur apprentissage de verriers à l'étranger. Pierre le Grand fonda deux verreries, l'une près de Moscou, l'autre au district de Yambourg, gouvernement de Saint-Pétersbourg, pour lesquelles il fit venir des ouvriers allemands. A partir de ce moment-là et principalement à partir de la deuxième moitié du XVIIIe siècle, la verrerie russe entra dans la voie régulière et indiscontinue du progrès. Les verreries des environs de Moscou consolidèrent leur situation et se multiplièrent. En 1752, Lamonossoff fonda, au district de Kapor, une fabrique pour la fabrication des perles de verre, des jais et d'autres produits. En 1760, Maltsoff fonda une verrerie au gouvernement de Vladimir; en 1764, Bakhmétieff en fonda une autre au gouvernement de Penza; enfin le Prince Potemkin fonda, près de Saint-Pétersbourg, une fabrique de verre qui, en 1792, devint la Verrerie Impériale; et les verreries allèrent se multipliant.

C'est à peu près à la même époque que furent fondées les premières verreries de la Sibérie. La principale cause à laquelle est due la naissance de l'industrie du verre en Sibérie, c'est la découverte qui a permis de se servir dans la production du verre des sels sulfates de sodium, dont abondent les lacs salins du pays, et qui sont connus sur les lieux sans le nom de «goudjir». Un marchand du nom de Chilkin inaugura, en 1781, l'industrie verrière de la Sibérie en utilisant cette matière première et, trois ans après, en 1784, Laksmann, membre de l'Académie, entra dans la même voie; Chilkin avait fondé sa verrerie dans la province de Nertchinsk, Laksman fonda la sienne près d'Irkoutsk. Néanmoins, bien que plusieurs verreries aient été fondées après celle de Chilkin et Laksman, les progrès de l'industrie du verre subirent un long temps d'arrêt; et jusqu'à ce dernier temps, cette industrie n'avait aucune importance particulière. Vers 1830, on comptait, déjà en Russie, 200 verreries; en 1865 il y en avait 226 produisant pour environ 4.500.000 roubles de verre. Jusqu'en 1880, le nombre des verreries n'augmenta presque pas; en revanche, il est vrai, leur pro-

duction croissait rapidement; en 1870 la production du verre était estimée à 6.000.000 de roubles; en 1879, elle s'élevait à 7.800.000 roubles; en 1881 à 9.884.000 roubles et, en 1884, elle atteignait environ 10.310.000 roubles. A partir de cette dernière année, avec la production du verre augmente aussi le nombre des verreries; et, en 1890 on comptait déjà en Russie 260 fabriques de verre, dont les produits étaient évalués au total à 11.479.000 roubles. Aujourd'hui, d'après les renseignements statistiques que nous possédons sur l'année 1897, il existe en Russie 294 verreries produisant annuellement, ensemble, pour environ 21.583.000 roubles de verre.

A part l'époque des premiers débuts de l'industrie verrière alors que les verreries étaient principalement établies, pourrions-nous dire, artificiellement, jusqu'en 1890, presque toutes les verreries russes ne furent fondées et se multiplièrent que dans les contrées abondantes en forêts. Aussi cette industrie s'est-elle développée surtout dans certaines régions déterminées.

De nos jours, ces régions sont : la région centrale de l'Est, comprenant les gouvernements de Vladimir et de Riazan; la région centrale de l'Ouest dont font partie les gouvernements d'Orel et de Smolensk; et, enfin, la région du Nord, embrassant les gouvernements de Tver, de Havgord, et de Saint-Pétersbourg. Toutes ces régions, couvertes d'immenses forêts, sont relativement peu éloignées des principaux marchés de Moscou, de Nijni-Nowgorod et de Saint-Pétersbourg.

En outre, elles sont desservies par un vaste réseau de voies fluviales, ce n'est que vers 1870 qu'à ces régions verrières sont venues s'ajouter deux autres régions où la verrerie emploie la houille comme combustible; ce sont : le bassin houiller du Donietz et le groupe des gouvernements formant le royaume de Pologne.

Ces derniers temps, une troisième région s'est formée où la verrerie se sert du naphte comme combustible; c'est la partie méridionale de la Russie, la région de la mer Caspienne.

Ainsi, jusqu'à ce jour, l'élément essentiel et principal de la verrerie russe, c'est le combustible bois, et ce genre de combustible est en même temps le plus ancien. Ces temps derniers seulement on s'est mis à se servir, pour la fonte du verre, du charbon de terre, et en fort petite quantité encore, des résidus du naphte. Outre les régions dont nous avons parlé, la houille et les résidus du naphte sont encore employés, dans une certaine mesure, par les verreries des autres régions. Ainsi quelques verreries de la région du Nord emploient la houille, et

deux ou trois verreries des environs de Moscou emploient les résidus de naphte. Enfin quelques verreries du gouvernement de Vladimir et du royaume de Pologne se servent aussi de la tourbe. Les données que nous possédons sur l'année 1890 nous indiquent d'une manière suffisante la nature et la quantité de combustible consumé par les verreries russes. Les 255 verreries allumées au cours de cette année ont brûlé :

Bois	2.431.000 m³
Charbon de terre	39.461 t.
Résidus du naphte	6.502 t.
Tourbe	10.656 t.

La fondation des verreries, principalement dans les pays abondants en forêts, a eu, dès le début, une importance considérable à l'égard des propriétés et de la qualité des produits de nos verreries. En outre le bon marché des cendres de bois et la possibilité de se procurer ces cendres et, par conséquent, de préparer des carbonates neutres de potasse que l'on en tire, ont eu pour résultat d'amener les verreries russes à produire de préférence un verre de potassium calcaire qui, dans les qualités supérieures, se rapproche du cristal de Bohême.

Outre la cendre de bois et le carbonate neutre de potasse, les autres matières alcalines nécessaires à la fabrication du verre n'ont commencé à se répandre dans les verreries russes que dans la seconde moitié de ce siècle ; et, jusqu'à présent, c'est principalement la soude et le sulfate, sous forme de produits fabriqués et de résidus des fabriques de produits chimiques, que l'on emploie. Parmi les autres matières nécessaires à la fabrication du verre, les fabriques russes emploient le sable rouge et le sable blanc, les grès blancs, la chaux, la craie et, en petite quantité, les silicates naturels. L'emploi des litharges dans les fabriques russes est peu répandu ; il n'a lieu que dans fort peu de verreries.

Toutes ces matières premières sont presque sans exception de provenance russe, et même, dans le plus grand nombre des cas, de provenance locale, sauf la soude et le sulfate qui viennent encore en assez grande quantité de l'étranger.

« L'établissement des verreries russes au milieu de nos contrées fo-
« restières n'a pas eu seulement de l'importance au point de vue des
« propriétés et de la qualité des verres fabriqués en Russie ; cette cir-
« constance n'a pas été non plus sans action sur les procédés techniques
« qu'ont adoptés nos verriers. Elle a eu notamment pour effet de con-
« tribuer beaucoup à l'émiettement de cette branche d'industrie et à re-

« tarder les progrès et le développement de chacune des verreries en « particulier. Le tour de main de nos ouvriers a, il est vrai, rapidement « atteint un haut degré de dextérité, et aujourd'hui, l'habileté des ver- « riers russes est remarquable ; dans certains cas, elle atteint à l'art. « Mais l'outillage de la pulpart de nos verreries a été longtemps fort « imparfait, et à ce point de vue, la verrerie russe n'a pu suivre dans la « voie du progrès les autres pays de l'Europe. Ce n'est que depuis 1870 « environ, depuis que des spécialistes instruits se sont voués à l'art du « verrier, que des perfectionnements remarquables se sont introduits « dans nos fabriques ; elles ont pris de l'essor et ont adopté les plus « récents perfectionnements ; depuis lors, la préparation et le traitement « des matériaux n'a plus lieu qu'à l'aide de machines. Mais ce qui im- « porte le plus, c'est que les fours à creusets et les autres fours, chauf- « fés par les moyens ordinaires, ont rapidement fait place à des fours « régénératifs à gaz. Jusque-là, dans les verreries russes, la fonte avait « lieu, presque partout, dans des fours de potiers du type des fours de « Bohême, à chauffage direct ; les bois combustibles étaient toujours, il « est vrai, choisis parmi les bois de meilleure qualité. Depuis que les « foyers à gaz se sont répandus il a été possible de mieux utiliser les « bois, et l'emploi comme combustible des bois morts, des branches, « des souches et des buchailles a eu pour effet, non seulement de rendre « la production du verre meilleur marché, mais aussi de la rendre plus « abondante. Le bon marché du verre et l'extension de la production ont « encore été accrus ces temps derniers, par l'adoption, dans la fabri- « cation des bouteilles, des fours à bassins à action continue.

« Les verreries russes se servent de préférence, pour la construction « de leurs fours, de sable rouge et de sable blanc ainsi que de glaise ré- « fractaire qu'elles font venir de l'intérieur de la Russie et même qu'on « trouve souvent sur les lieux ; ce n'est que pour les pots dans lesquels « est fondu le verre, ainsi que pour les parties de fours les plus dange- « reuses au point de vue de l'incendie, que l'on emploie des glaises « belges, allemandes et anglaises, ainsi que les briques anglaises.

« En ce qui concerne les ouvriers travaillant dans nos verreries, ce « sont pour la plupart des russes d'origine ; dans la fabrication des verres « à glaces et la production des verres blancs de Bohême, ainsi que la « fabrication d'articles en verre, on emploie parfois des ouvriers français, « belges, ou autrichiens de la Bohême. Les ouvriers de la verrerie russe « ont depuis longtemps formé une classe spéciale à part, et, le plus « souvent, le verrier russe transmet sa profession de père en fils. La

« verrerie russe occupe aujourd'hui 40.000 ouvriers la plupart adultes ;
« on compte dans le nombre, environ 2.000 femmes et moins de 3.000
« enfants au-dessus de 12 ans. »

Les produits des verreries russes peuvent être divisés en sept classes principales, savoir :

La bouteille ;

Le verre de table ;

La fiole de pharmacien et les verres de laboratoire ;

Le verre de lampes ;

Le verre de vitres ;

La glace ;

Et articles divers.

Certaines de ces classes de produits constituent des spécialités fabriquées par certaines verreries. Toutefois, il n'est pas rare de rencontrer des verreries fabriquant à la fois plusieurs classes d'articles.

La fabrication de la bouteille constitue, par la quantité et l'importance de la valeur des produits, la spécialité la plus importante des verreries russes. Aujourd'hui, 110 verreries se livrent spécialement à la fabrication de cet article ; en outre, 25 verreries fabriquent des bouteilles concurremment avec d'autres articles. La production annuelle des bouteilles est de 272 971 000 bouteilles valant environ 6 940 000 roubles. Il est produit des bouteilles de toutes qualités, depuis les plus communes en verre foncé, jusqu'à la bouteille de luxe ornée de figures et servant à la mise en bouteilles des eaux-de-vie spéciales et des liqueurs vendues dans les grands magasins de spiritueux. Cependant deux types de bouteilles dominent : la bouteille verte commune servant à la bière, au " Kvas " et aux vins ; et la bouteille blanche à eau-de-vie qui est fabriquée, en plus grande partie, sur commande de l'Etat pour la Régie des spiritueux, suivant des modèles se rapprochant du type de la bouteille de champagne. Les plus importantes verreries fabriquant des bouteilles sont celles de Kosteroff frères, de Debrovolsky, de Komïssaroff, etc. Les verreries de bouteilles de la Finlande ont également une grande importance, en particulier la verrerie de Pitkaransk, qui produit annuellement 9 000 000 de bouteilles et qui expédie sa marchandise dans la région du Nord, ainsi que dans les ports de la mer Noire où les bouteilles de cette maison servent au commerce des vins du Caucase et de la Crimée. Dans les verreries de Kosteroff frères, fondées au commencement du siècle, l'art de la bouteille est porté à la perfection artistique ; les marchandises sorties de cette maison sont regardées comme les meilleures au point de vue de

la qualité et de la forme. La bouteille est vendue à la pièce ; cependant, il est tenu compte également du poids. Le transport des bouteilles a lieu dans des emballages de nattes de tille, ou en tonneaux, ou simplement en wagons sans emballage. La bouteille est vendue, dans les hautes qualités, au même prix que les autres articles en verre, mais les qualités inférieures sont vendues en gros, à des prix minima d'environ 6,2 kopecks par kilogramme. En Russie, la production couvre presque la demande intérieure, il n'est importé que très peu de bouteilles de l'étranger, et cette importation n'a lieu que par les ports de la mer Noire, pour les besoins du commerce des vins du Caucase et de la Crimée.

La production des verres de table et des articles de même nature occupe le quatrième rang d'importance parmi les autres classes d'articles fabriqués par les verreries russes. 24 verreries se livrent spécialement à la production de cet article ; en outre, 34 autres verreries fabriquent des verres de table comme produits accessoires. D'après les derniers renseignements statistiques que nous possédons, la production de cet article est évaluée à 2 091 000 roubles. Il est fabriqué des articles communs et des articles de haute qualité se rapprochant beaucoup des produits des verreries de Baccarat.

La verrerie russe produit des articles de verre blanc et de verre de couleur, des articles soufflés et pressés, unis et taillés, avec et sans dessin. Les principales verreries fabriquant cet article sont : la verrerie de Gousseff, gouvernement de Vladimir, appartenant à M. Nietchaieff-Maetzeff ; la verrerie de Diatkoff, gouvernement d'Ozel, appartenant à la Maetzeff ; la verrerie de Gordlitchko, royaume de Pologne ; la verrerie de Sokoloff, gouvernement de Smolensk ; la verrerie des frères Kourgenkoff, à Nagarod, etc.

Presque tous les verres de table sont en verre alcalin calcaire. On ne se sert de verre de plomb que fort peu, et presque uniquement dans la verrerie de Nietchaieff-Maltzeff. La vente des verres de table, comme celle des bouteilles, a lieu à la pièce. Cette marchandise est emballée dans des tonneaux.

Les verres de table communs sont relativement bon marché. Au poids, cette marchandise achetée de première main, en ce qui concerne les verres unis, façonnés, d'une belle blancheur, d'un travail de qualité moyenne, est vendue au prix de 12 à 30 kopecks le kilogramme ; quant aux cristaux unis, façonnés et taillés, ils ne sont pas vendus, en moyenne, plus de 56 kopecks le kilogramme ; enfin, les produits faisant concurrence aux verres unis de Baccarat sont vendus à de plus hauts prix, en-

viron 1rb,52^k le kilogramme. Il n'est importé en Russie de verres de table que les cristaux de plomb des verreries françaises et anglaises, ainsi que les plus hautes qualités de cristaux de Bohême.

La fabrication des verres de laboratoire et de pharmacie qui, par la nature du produit, occupe un rang intermédiaire entre la bouteille et le verre de table, le cède beaucoup par l'importance de la production. Seize verreries se livrent spécialement à cette fabrication et vingt autres fabriquent des verres de laboratoire comme produit accessoire. Il est produit, à l'usage de la pharmacie, des verres de forme et de qualités diverses ainsi que des verres blancs et verts de laboratoire ; la verrerie russe fabrique aussi des vases de grandes dimensions pour les fabriques, de petits et de minces pour les laboratoires. Les principales verreries de cette classe sont : la verrerie Nietchaieff-Maltzeff, gouvernement de Vladimir, et la verrerie Dutrois, à Moscou, auxquelles il convient d'ajouter la verrerie de la Compagnie J.-E. Rüting et Cie, à Saint-Pétersbourg, qui est l'usine spéciale et unique fabriquant en Russie des verres fins pour laboratoires. La totalité de la production de ces articles s'élève actuellement à une somme d'environ 1 million de roubles. Les prix de cette classe d'articles dépendent de la qualité du verre : en verre blanc, ces prix se rapprochent de ceux des verres de table de qualité moyenne ; en verre vert, des prix des bouteilles.

Il est fort peu importé de verres de cette classe et l'importation ne comprend presque que des verres de laboratoire de qualité fine. Le verre de lampe, bien que constituant la moins importante des productions des verreries russes, n'en est pas moins une production largement développée, qui, dans beaucoup de cas, est entièrement spécialisée. Sept verreries, appartenant principalement à la région du Nord, fabriquent spécialement le verre de lampe et vingt-deux autres fabriquent cet article concurremment avec d'autres. La valeur de la production de cet article s'élève annuellement à un peu plus d'un demi-million de roubles.

Par l'importance et la valeur de la production, le verre à vitres occupe le second rang et vient immédiatement après la bouteille. Cette branche de la verrerie russe, malgré son importance, fut longtemps moins avancée que l'industrie des vases en verre. Le verre vert et demi-blanc dominaient d'une manière trop exclusive ; quant au verre blanc, y compris le verre dit de Bohême, il n'était produit en Russie qu'en quantité extrêmement limitée ; la demande de cette qualité était couverte par une forte importation belge. Cependant, ces temps derniers,

grâce aux tarifs protecteurs, cette production s'est tellement élevée qu'elle a réparé toutes ses pertes précédentes et qu'elle est actuellement en pleine prospérité. A part la protection des tarifs, les succès de cette industrie sont dus à cette circonstance que le système de fabrication en usage en Belgique s'est répandu chez nous. Ces derniers temps, on comptait, en Russie, soixante-dix verreries fabriquant uniquement des verres en feuilles ; douze autres verreries produisaient du verre en feuille, concurremment avec des bouteilles et des vases. La production annuelle de cet article est évaluée à environ 4 380 000 roubles. Les principales verreries fabriquant des verres en feuilles sont : la verrerie de la Compagnie Maltzeff, la verrerie Nietchaieff-Maltzeff et la Société des Verreries du Nord, au gouvernement de Saint-Pétersbourg. Cette production est également très importante à la verrerie de la Société belge, du Donïetz, dans les verreries de Morozoff, au gouvernement de Novgarod, dans les verreries de Sosnovitze et de Tchenstokhov et, en général, dans les gouvernements de l'Ouest. Les verreries russes ne produisent pas seulement le verre à vitres, actuellement elles fabriquent des verres en feuilles de toutes couleurs, des verres étamés et des verres gravés.

La vente des verres en feuilles a lieu principalement en caisses et en demi-caisses d'une capacité déterminée ou en feuilles, suivant une mesure spéciale, dite la « bount ». Le prix du verre en feuilles, dans les qualités supérieures, exprimé en poids, est en moyenne d'environ 26 kopecks le kilogramme ou, en surface, d'environ $1^{rb},70^{k}$ le mètre carré ; les qualités communes valent moitié prix. Il n'est guère importé de l'étranger que des verres blancs de grosse épaisseur.

En Russie, la fabrication des glaces forme deux industries spéciales, celle du verre de glace et de la glace proprement dite, et celle qui ne donne que le tain. Cinq verreries seulement fabriquent des glaces et des verres de glace; ce sont : la Société des Verreries du Nord, gouvernement de Saint-Pétersbourg ; la Société Russo-Belge, au gouvernement de Riazan ; la Société Moscovite, gouvernement de Kolonga ; la verrerie Amélorenq, en Livonie ; la Société Rokkalo, en Finlande.

Le tain est donné par les cinq verreries que nous venons de nommer et par dix autres fabriques, dont la plus importante est la fabrique des frères Offenbacker, de Saint-Pétersbourg. La production annuelle de cet article est évaluée à environ 1 700 000 roubles. C'est particulièrement en ces temps derniers qu'en Russie la production des glaces a pris de l'essor, et l'honneur des progrès réalisés revient surtout à la Société

des Verreries du Nord, qui n'a pas seulement élargi la production, mais encore a considérablement amélioré les procédés et a élevé la fabrication des glaces à la hauteur d'un art. C'est également cette maison qui a introduit dans l'industrie russe la préparation des verres dépolis et des verres dentelles. En Russie, le prix des glaces est encore assez élevé ; toutefois, ces derniers temps, les prix de cette classe d'articles ont considérablement baissé ; les prix varient actuellement, suivant les dimensions des glaces, entre 5 et 20 roubles le mètre carré. L'importation de cet article est encore assez importante.

Outre les fabriques dont nous venons de parler, cinquante-deux autres verreries en pleine activité produisent pour environ 4 893 000 roubles de marchandises. Ces dernières fabriquent des produits divers ; elles n'ont pas de spécialité et appartiennent, par suite, à la fois à plusieurs des catégories dont il vient d'être parlé.

En terminant cette revue des verreries russes, il convient d'ajouter que, quels que soient les progrès réalisés ces temps derniers, l'importation de l'Autriche, de la France et de l'Allemagne est encore assez considérable. Cette importation s'est élevée, ces dernières années, à un peu moins d'un million, tandis que l'exportation russe pour l'Europe (principalement pour l'Allemagne) et pour l'Asie n'est que de 300 à 450 000 roubles.

CHAPITRE II

LA VERRERIE EN AUTRICHE-HONGRIE (Bohême)

Ayant cité l'importance de la fabrication du verre en Russie, l'importance de la fabrication des glaces aux Etats-Unis, il nous est pour ainsi dire imposé de citer les progrès réalisés au XIXe siècle en Autriche-Hongrie, en Bohême, là où la verrerie est en honneur depuis si longtemps.

Les *Annales* de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale citent comme modèle à l'Industrie verrière française, l'industrie de la Bohême, en ce qui concerne la beauté du polissage et la valeur véritable des produits (1846). Bontemps reconnaît aussi le mérite des verres de Bohême. L'Autriche reconnaissait aussi le mérite de l'industrie du cristal en France.

En France, comme en Autriche, les industries du verre et du cristal ont eu un glorieux passé et sont entrées résolument dans la voie du progrès et cela sans se jalouser réciproquement.

Jusque vers le milieu du XIXe siècle, la fabrication autrichienne animée d'un esprit très conservateur ne diffère guère de la fabrication primitive. Les matières premières étaient essayées d'une façon empirique, le côté pratique était surtout pris en considération.

A la fin du siècle dernier on employait, en Bohême le *basalte* à la fabrication des bouteilles. En France, en 1780, *Chaptal* avait fait employer à la verrerie Ducros, l'obsidienne pour le verre à bouteilles, de Castelwrie l'imita, mais tous deux y renoncèrent bientôt à cause du peu d'homogénéité de l'obsidienne, en Bohême, on continua à l'employer.

En 1840 on employa le granit à la fabrication des bouteilles en Autriche.

Vers 1820 le feldspath fut employé avec succès dans les verreries du baron *Hackelberg*, chez le comte Berthold, en Basse-Autriche, *Joseph Jaeckel* prit un brevet en 1818 pour l'emploi du feldspath, mais n'obtint aucun résultat pratique.

L'Ingénieur des Mines *Baader*, réussit paraît-il à utiliser avec succès le sulfate de soude, pour fondre le verre, cela dans la fabrique royale de glaces de Neuhaus.

Le sulfate de soude naturel *le chudschir* avait été employé dès le siècle dernier par *Laxmann* dans les verreries de Sibérie et *Lampadius* l'avait aussi recommandé, mais ce n'est que grâce à l'initiative de *Baader* que l'on reconnut en Autriche, l'importance de cette substance pour la fabrication du verre.

Dans les verreries de Bohême, la cryolithe a été employée vers 1860 sous le nom de *verre opale*, mais on admet généralement que c'est la Hot cast Porzelain Company de Philadelphie qui a employé la première la cryolithe pour produire le verre opalin.

Vers 1880, le prix de la cryolithe ayant été augmenté, par suite d'un monopole, la maison S. Reich (1) et Cie, trouva une nouvelle composition de verre opalin qui rendait inutile l'emploi de la cryolithe tout en donnant un produit supérieur.

De 1840 à 1850, le verrier *Wilhelm Kralik* contribua à la création du verre albâtre coloré ; il livra au commerce des albâtre turquoise (bleus), chrysopiase (verts et roses).

Joseph Strass produisit les pierres précieuses artificielles qui portent son nom.

Les pierres précieuses d'*Egermann* furent révélées à l'Exposition de Prague en 1828 et furent très à la mode, sous le nom de Lythialine.

On produisit également en Autriche des verres à très forte réfraction et aussi du verre noir opaque et de l'*hyalite* pour laquelle le comte Buquoi obtint un privilège en 1820.

Dans le domaine des autres verres colorés, l'Autriche joue un rôle considérable.

Les maisons *Loetz* à Klostermuhl, *Harrach* à Neuwelt, *Riedl* à

(1) M. Jules Reich, associé de la maison J. Reich et Cie, de Vienne, était vice-président du Jury de la Verrerie à l'Exposition de 1900; il a écrit à cette occasion une notice pleine de renseignements utiles sur ces questions.

Polaun, ont renouvelé les procédés de fabrication des verres colorés, et ont lancé d'autres nouveautés telles que les verres à incrustations (Intarsiaglas) les verres-poulpe (Octopusglas), les verres à lamelles de corne (Hornglas) etc. En Autriche encore fut employé pour la première fois, en 1890, le sélénium pour la coloration du verre, en même temps par la maison Welz, et la maison S. Reich et Cº.

Pour la construction des fours, à la verrerie des frères *Klein* à Tseitsch — en Moravie (1) — fut installé le premier dispositif pour l'emploi du chauffage au gaz (2) avec un gazogène.

L'Inventeur, Franz Poduschka (3), directeur de la verrerie Klein, fit breveter et fit étendre le privilège en 1856. Ce dispositif ne fut pas pratique, mais il permit à l'Autriche de revendiquer la priorité du chauffage des fours par le gaz, *Fickentscher* de Zwickau n'introduisit le chauffage par le gaz en Allemagne que quelques années plus tard après Paduschka.

L'introduction du système de four chauffé par le gaz, de *Siemens*, est due en partie à l'influence autrichienne, car *Siemens* a raconté lui-même, dans une conférence faite à l'Association des ingénieurs et architectes de Vienne, qu'il avait été mis sur la voie de sa découverte par un fondeur de bronze viennois, du nom de *Carl Lorenz*, qui entre 1850 et 1860, avait reçu de celui qui devait être plus tard le général autrichien *Uchatius*, la mission de faire connaître à Londres ses procédés de coulage du bronze, et que *Siemens* avait assisté dans ses expériences.

Venini de Tiône, dans le Tyrol Autrichien, construisit aussi un nouveau système de fourneau à gaz, mais qui ne fut pas appliqué ailleurs.

Mis sur la voie par la cuvette introduite par Siemens dans ses fours à cuve, *Platenka* imagina lui aussi un système ingénieux de cuvette à étages mais à laquelle fut préférée celle de Siemens.

Le verrier *Lippert*, à Himmelpfort, en Bohême, modifia en 1822, les fours à étendre les cylindres de verre à vitre, en remplaçant par une plaque réfractaire, la feuille de verre sur laquelle on aplatissait la vitre.

Au XVIIe et au XVIIIe siècles, et même au XIXe la décoration du verre atteignit son apogée en Autriche.

(1) Privilège austro-hongrois du 25 novembre 1852.
(2) Stegmann : « Gasfeurang und Gasöfen », 2e édition, Berlin, 1889.
(3) Dr Karl Zerrenner : «Die Anwendung der Gasfeuerung beim Glashuttenbetriebe zu Tseitsch in Mahren », Vienne, 1854.

Friedrich Egermann, a le premier appliqué le polissage aux verres opalins, principalement à ceux obtenus par le phosphate de chaux (os calcinés), cette application augmenta considérablement la vente de ces verres. Son fils *Ambroise* eut l'idée de polir les tailles ou gravures profondes, à l'aide de meules de liège.

En 1802, Biwanko trouva un moyen artificiel de polissage au tripoli (1).

Les appareils de polissage de ces verres furent perfectionnés par le graveur *Kreybich* de Haida. Dans une verrerie appartenant à la Société Reich et C°, à Krasna, on appliqua cette idée et on créa en 1897 un appareil de polissage mû électriquement.

Pour les objets d'éclairage, l'Autriche est entrée dans la voie d'un progrès incessant; l'électricité a du reste ouvert un champ très vaste à cette application.

C'est aussi dans les ateliers de la maison *S. Reich et C°* que la Pyrographie, la Phalographie et la Phonographie furent tout d'abord appliquées. La Phonographie qui repose sur une combinaison de la gravure et de la taille par projection de sable, s'est développée en Autriche. Cette même maison a lancé l'imprimerie à l'agathe, et se servit, pour les modèles et décorations, de la pierre lithographique.

Les épreuves obtenues par la lithographie sont tirées sur un verre mat (2), et ce dernier est calciné à la moufle. Puis on enlève le verre de la moufle, et on le plonge dans un bain d'eau légèrement étendue d'acide azotique.

Les *Reich* organisèrent le premier grand appareil pour la taille par projection de sable.

Friedrich Egermann, né en 1775, à Schlukenau en Bohême, décédé à Haida en 1864, est l'une des gloires de l'industrie verrière de Bohême, Il inventa et fit emploi dans la partie décorative, des *glaces* jaune et rouge (*rubis*); il est l'auteur de leur application à la gobeletterie.

Par les diverses innovations et améliorations qu'il apporta à l'industrie du verre, par l'application des procédés de moulage, venu en Bohême par suite des guerres de Napoléon, et au moment où le marché espagnol manquait à la Bohême, *Egermann* donna une vie nouvelle à cette industrie et la sauva de la ruine.

(1) Stefan Edler von Kuss: « Darstellung des Fabriks-und, Gewerbewesens im österreichischen Kaiserstaate », Vienne, 1823-1, page 509.

(2) Nous avons conseillé cet emploi à l'un des grands éditeurs, de Paris (boulevard Saint-Michel) il y a environ dix ans !

En 1883, le baron A.-V. *Konigsbrun*, à Graz, prit un brevet pour un nouveau procédé de gravure sur verre, qui consistait à écrire sur le verre à l'aide d'une plume de platine plongée d'ans l'acide fluorhydrique.

Les frères *Feix*, à Albrechtsdorf, livrèrent avec leurs verres ornés par la galvanoplastie, un nouveau genre de décoration, nous les avons du reste décrits dans notre compte rendu de la verrerie à l'Exposition de 1889.

En 1898, on put admirer à l'Exposition du Jubilé de l'Association industrielle de la Basse-Autriche certaines pièces d'orfèvrerie dans lesquelles *Hacker* argentait des verres mêlés chimiquement à une ornementation d'argent (1),

En 1839, à Weissgruen, dans le districh de Pilsen, fut fondée, par I. Anthon, une grande fabrique de *verre soluble* qui produisait 300 quintaux de verre soluble. D'autres fabriques analogues furent fondées par *Dingler* à Augsbourg, en 1826, par *Filkentscher* à Redwitz, en 1835. Ce produit fut découvert par Fuchs en 1818.

J. *de Brunfaut* perfectionna l'industrie du *verre filé* et P. Weiskopf produisit à Marchenstern, en Bohême, des fils de verre que l'on peut filer.

Nous avons du reste vu la même application en Belgique et en France il y a peu d'années.

A tous les noms que nous venons de citer il est juste d'ajouter celui de *Ludwig Lobmeyr*, de Vienne, le réformateur de la verrerie artistique autrichienne, et aussi le précurseur et le champion le plus hardi de la réforme de l'art industriel.

Louis Lobmeyr a relevé au niveau d'un art, la décoration du verre en Autriche. Ses produits exposés à Paris en 1867 et 1878 ont excité l'admiration de tous à cause de l'harmonie qui régnait entre la forme et la décoration.

Lobmeyr avait tout à faire pour faire revivre les traditions de cette industrie qui, remarquable au XVIIe siècle, en Autriche, était restée depuis lors stationnaire. On sait, en effet, que c'est *Gaspard Lehmann*, originaire de Luneburg, qui, à Prague, au commencement du XVIIe siècle (les musées et de nombreuses collections autrichiennes en donnent de nombreux et éclatants témoignages) inventa la taille du verre. Bientôt après lui, on avait taillé en relief et en creux; la peinture et la dorure passèrent un instant au second plan pour re-

(1) A l'instigation du professeur F. Kosch, de Vienne, P. Weiskopf avait déjà fait des essais avec un précipité galvanoplastique, 1875.

paraître, à côté de la taille du verre au XVIIIe siècle. Vers cette même époque, on vit en Autriche les verres laiteux et opalins, les verres dits « Schapersglaier ». Le procédé de la dorure entre deux couches de verre fut porté également à sa perfection. Dès le commencement du XIXe siècle la verrerie de Bohême était entrée en décadence. Les formes étaient devenues disgracieuses ; les praticiens eurent la mauvaise idée d'emprunter aux anglais leur procédé de « la taille au diamant », lequel parfaitement approprié à la qualité du verre anglais (cristal) riche en plomb et réfringent, ne pouvait convenir à celui de Bohême, d'une autre composition.

Quand Louis Lobmeyr s'appliqua, vers 1865, à l'industrie du verre, il y apporta aussitôt ses qualités de dessinateur et reprit d'abord dans ses ateliers de *Kralik*, à Adolf, les anciens dessins qui avaient fait la gloire de l'industrie de Bohême aux XVIe et XVIIe siècles.

Ces ornementations et ces figures de vases et coupes d'apparat rappelèrent les plus belles œuvres anciennes. De 1865 à 1895 c'est à lui que l'industrie du verre autrichienne doit ce quelle a fait de bien. Au point de vue technique, Louis Lobmeyr ne s'est pas contenté de ce que lui fournissait le passé et a su y ajouter des inventions personnelles. C'est ainsi qu'il a réformé le verre coloré, renouvelé la peinture du verre par une soudure noire, ainsi que la dorure entre deux verres. Il s'est appliqué aussi, comme en France M. Brocard, à retrouver les émaux à couleurs transparentes des anciennes verreries orientales.

L'effort de Lobmeyr a-t-il donné à l'industrie de la verrerie artistique en Bohême un élan nouveau et a-t-il eu des imitateurs ?

Il semble bien que non et que son mérite très personnel n'ait pas fait naître un mouvement national. Citons cependant à ses côtés *Schreiber*, le *comte Harrack*, *Stoltzle* et *Spaun*.

C'est dans les ateliers de ce dernier que fut produit, vers 1880, un verre pailleté imitant les tons de pierres précieuses dont le vase de l'empereur François-Joseph, qui est au musée d'Art et d'Industrie de Vienne est un type remarquable. Spaun a fait également, comme M. Tiffany, des verres à reflets métalliques, qui ont eu dans ces derniers temps beaucoup de succès.

CHAPITRE III

LA GLACERIE AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Compte rendu technique concernant trois des glaceries-usines de la " Pittsburgh Plate Glass C° ".

Les dix usines de la " Pittsburgh Plate Glass et Ce " sont désignées dans les documents administratifs, techniques ou commerciaux de la Compagnie par des numéros d'ordre.

Celles que nous avons eu l'occasion de visiter portent les numéros 3, 4 et 5, et sont situées à Ford City en Pensylvanie.

Leur production en 1900 a été de près de 900000 mètres carrés.

Fours.

Tous les fours contiennent chacun 20 pots.

Ils sont chauffés exclusivement au gaz naturel.

Il est probable que d'ici à trois ans, par suite de l'absorption au gaz naturel par certains services publics, ce mode économique et extrêmement simple de chauffage devra être abandonné. Les fours devront être chauffés par du gaz produit dans des gazogènes ordinaires au moyen des houilles grasses.

La " Pittsburgh Plate Glass et C° " est entrée depuis longtemps déjà dans une voie dans laquelle commencent à s'engager plusieurs industries européennes, en s'assurant la propriété de charbonnages destinés à faire face aux besoins de sa consommation.

Cette Compagnie possède trois sièges d'exploitation dont elle n'ab-

sorbe qu'une partie de la production pour l'alimentation de ses chaudières.

Le type des fours ne diffère guère de celui adopté par les glaceries européennes, si ce n'est que le niveau des chapelles est notablement moins élevé que dans les fours européens.

Il a été procédé jadis à d'assez nombreuses expériences de systèmes nouveaux de chargement des pots, mais ces expériences n'ont pas donné de résultats favorables, et le chargement primitif à la pelle a continué à prévaloir.

Pots.

Les pots sont généralement de dimensions plus faibles que ceux adoptés en Europe dans ces dernières années.

Le volume moyen coulé des glaces d'épaisseur normale ne dépasse guère 14 m².

Les pots sont de forme ronde, le type ovale employé en Europe n'a pas encore été appliqué aux Etats-Unis.

Halles de Coulée.

La disposition générale des bâtiments servant à la production des glaces brutes est la suivante :

Les fours sont disposés suivant un axe central.

De part et d'autre de la halle des fours et perpendiculairement à celle-ci sont établies les halles de coulée. Un pont roulant électrique parcourt la halle des fours dans toute son étendue, tandis que des grues également électriques assurent le service des halles de coulée.

L'espace disponible entre chacune des extrémités des tables de coulée et l'alignement des carcaises dépasse d'environ 1^m,50 les espaces correspondants admis par la plupart des glaceries belges.

L'utilité de cette surlargeur n'est nullement démontrée, et cette disposition oblige à employer des prolonges qui rendent plus difficile le poussage des glaces dans les carcaises.

Cette surlargeur semble avoir été motivée par l'installation de grues roulantes chargées de conduire jusqu'à la table les pots amenés par le pont roulant des fours à l'extrémité de la halle de coulée.

Carcaises.

La " Pittsburgh Plate Glass C° " a décidé de transformer ses carcaises

à plusieurs glaces en carcaises à une seule glace. Elle a déjà commencé à réaliser ce programme, et très prochainement la transformation sera complète.

Le système des carcaises à deux glaces a été sérieusement étudié comparativement à celui des carcaises à une glace avant que cette décision soit prise.

La comparaison précitée a conduit à conclure que du moment où le combustible peut être obtenu à un prix extrêmement bas, il y a lieu de préférer la carcaise à une glace, mais que si le combustible atteint un prix relativement élevé il y a lieu de choisir la carcaise à deux glaces.

Ce qui justifie la décision prise pour les usines de « Ford City » est le fait que pendant quelques années les carcaises pourront continuer à être chauffées au gaz naturel, dont le prix est des plus minimes, et ensuite au moyen de combustible coûtant environ 4 francs la tonne.

On comprend qu'en Belgique où les briquettes reviennent à 20 francs la tonne le système des carcaises à deux glaces soit généralement préféré.

Les anciennes carcaises des glaceries de " Ford City " étaient construites pour trois glaces et certaines d'entre elles pour quatre glaces.

Le chauffage à l'aide du gaz naturel se fait au moyen de groupes de becs disposés sur les longs côtés des carcaises.

Le tirage est assuré par un collecteur raccordé à une haute cheminée desservant un groupe important de carcaises.

Coulée.

Bien que la traction du rouleau se fasse encore à la main, on est parvenu à réduire le nombre total des desservants à 20.

Il y a lieu de rapprocher le chiffre des nombres de 32 hommes, et même jadis 40 hommes employés, pour la coulée, par les glaceries européennes.

Un dispositif intéressant consiste dans le remplacement du lourd chariot à cornes, si peu maniable, et exigeant pour être manœuvré un espace considérable, par une pince à contrepoids suspendue au pont roulant.

Grâce à ce dispositif, la prise et la remise du pot sont effectuées par deux hommes seulement sans compter le personnel du pont roulant.

Aucune découpe n'est effectuée à la halle de coulée contrairement à ce qui se pratique encore dans quelques glaceries européennes.

Une application intéressante est celle de l'amiante à la construction des portes de certains fours tels que les « fours à bomber ».

L'une des usines possède une installation très complète de fours à bomber.

Refroidissement continu.

Nous exposerons plus loin en un chapitre spécial les résultats extrêmement favorables obtenus par l'application du refroidissement continu aux glaces n'excédant pas, comme surface 10 m², et comme épaisseur 10 mm.

Des essais assez prolongés ont été effectués en vue d'appliquer le même système aux glaces atteignant 15 m² de surface et 15 mm d'épaisseur. Les résultats obtenus dans cette voie n'ont pas permis jusqu'à présent de généraliser ce système aux grandes dimensions et aux fortes épaisseurs.

Ateliers de douci-poli.

L'opération de doucissage et de polissage est effectuée moyennant deux scellages seulement ainsi que le font les glaceries européennes.

Les plates-formes employées ont en général 9 mètres de diamètre ; elles ont été, jusque récemment, actionnées chacune par un moteur spécial.

Actuellement tous les appareils sont mûs par un moteur unique.

Les plates-formes à doucir ne diffèrent pas sensiblement des types modernes employés en Europe, si ce n'est que les rails supportant les tables pendant le travail sont relevés par des pistons hydrauliques. Le doucissage s'effectue en trois heures et demie. Les tables amenées sous les polissoirs sont actionnées directement par la transmission et non point par le châssis supportant les polissoirs, ainsi que cela a lieu dans les appareils du système Malevez, par exemple.

La partie supérieure des appareils à polir est disposée approximativement comme celle des appareils à doucir du système Malevez.

Deux moellons légers équilibrés au moyen de contrepoids supportent les polissoirs. Ces derniers ont environ 0^m,40 de diamètre et sont beaucoup plus légers que ceux généralement employés en Europe.

L'opération du polissage n'absorbe guère plus de 2 heures 1/4 pour un travail soigné.

Une expérience de répartition automatique de la potée et des émeris a engagé à revenir au système primitif du lançage à la main.

Le scellage continue à s'effectuer sans molleton, bien qu'un essai dans ce sens ait été tenté.

Il est juste de dire que le prix du molleton employé au cours de cet essai était à peu près décuple de celui dont se servent les glaceries belges.

Le scellage au plâtre de la face déjà polie donne lieu ainsi que nous l'avons constaté au cours de notre visite, à d'assez nombreuses filasses.

Transbordeurs.

Tous les transbordeurs servant au transport des tables sont très bien conditionnés et actionnés par trolley. Ils marchent à très grande vitesse, chargés ou vides. Ce sont les transbordeurs qui, au moyen de cordes passant sur des poulies de renvoi, assurent la manœuvre complète des tables.

Les transbordeurs circulent sur une voie d'environ $3^{m},50$ d'écartement.

Qualité du verre.

Le verre qu'il nous a été donné de vérifier est de qualité très satisfaisante.

Nous n'y avons pas constaté d'amas de points ni de bouillon et les schlagues y étaient peu nombreux. La teinte du verre vu par la tranche est peut-être légèrement plus verte que celles des meilleurs produits européens, mais ce fait serait même sans importance quant à l'emploi commercial des produits.

Magasins.

Les chevalets sont extrêmement rapprochés, tant dans les magasins que nous avons visités à Ford City que dans ceux que nous avons parcourus dans d'autres villes.

Les piles de glaces sont disposées presque verticalement, ce qui permet d'en augmenter l'épaisseur sans redouter l'écrasement.

Les magasins ainsi disposés peuvent contenir, à surface égale, incontestablement beaucoup plus de glaces que la plupart des magasins européens.

Emballage.

Des ponts roulants desservent toutes les parties des halles d'emballage.

Les caisses sont fabriquées au moyen de planches ne dépassant guère 12 mm d'épaisseur, même pour de grandes dimensions.

Les caisses pleines sont disposées horizontalement et empilées jusqu'à grande hauteur sans qu'il en résulte aucun inconvénient.

Services accessoires.

Les fours à plâtre sont disposés verticalement et desservis par des chaînes à godets.

Les chaudières sont toutes du type Babcock et Wilcox, c'est-à-dire à tubes. Elles sont alimentées de combustibles automatiquement, et l'enlèvement des cendres est également automatique.

Le service électrique est important, bien que le comité technique ne soit pas jusqu'à présent partisan d'employer l'électricité pour actionner les appareils à doucir et les appareils à polir.

Les glaceries de Ford City disposent en commun d'une importante fonderie et d'ateliers mécaniques, bien outillés, qui fabriquent non seulement tous les appareils dont elles ont besoin, mais qui produisent également ceux qui sont nécessaires aux sept autres glaceries de la Compagnie.

Travail.

L'impression qui se dégage d'une étude des conditions de la production des glaceries aux Etats-Unis c'est la préoccupation constante qu'ont leurs dirigeants de faire produire à leurs appareils, et à leur personnel, constamment le maximum possible. C'est-à-dire que toute perte de temps est soigneusement évitée, jusque dans les moindres détails de la fabrication.

Glaces minces.

Malgré les préjugés anciens il faut reconnaître que dans la plupart des applications les glaces minces, c'est-à-dire de 2 à 5 mm, présentent de nombreux avantages sur les glaces épaisses de 5 à 10 mm. Elles sont notablement plus légères, exigent des châssis moins résistants, sont plus maniables et, argentées, sont plus blanches que les glaces plus épaisses.

On pourrait ajouter qu'elles permettent de réaliser une économie de transport et même d'emballage.

Leur épaisseur moindre est de nature à empêcher normalement leur

production à des dimensions très grandes, mais si l'on considère que le volume moyen de toutes les glaces demandées par la clientèle mondiale ne dépasse pas 0 m²,60, on reconnaîtra que les dimensions auxquelles il est possible de produire des glaces minces sont plus que suffisantes pour répondre à 90 0/0 de la demande normale.

Différents essais de production de glaces minces ont été tentés dans plusieurs pays, et les mécomptes rencontrés ont, en général, accrédité l'idée que cette fabrication présentait des difficultés excessives.

Ce que nous avons eu l'occasion de constater *de visu*, sous ce rapport, dans l'une des usines de la « Pittsburgh Plate Glass Co », permet de conclure qu'en réalité les difficultés rencontrées n'étaient pas insurmontables.

Le refroidissement des glaces s'opère dans les appareils continus ou « Stracous ». La discrétion ne nous permet pas de fournir des renseignements complets quant à cette partie de la fabrication, bien qu'elle nous ait été montrée et expliquée jusque dans ses moindres détails. Nous pouvons dire toutefois qu'une glace de 10 m² met 1 heure 50 pour être refroidie de sa température d'entrée, supérieure à 1200° jusqu'à 200° qui est la température de sortie. L'appareil contient à la fois 11 glaces. Son pouvoir de production se calcule comme suit. Chaque glace : 10 m² ; par heure, 60 m² ; par 24 heures, 1440 m² ; par 300 jours, 432.000 m² ; ou par 365 jours, 525 000 m².

La casse provenant du refroidissement est nulle sauf pendant trois ou quatre heures qui suivent la remise en marche après un arrêt de 24 heures.

Nous avons eu l'idée d'appliquer ce mode de refroidissement continu il y a plus de 15 ans. Cette idée n'ayant pas été adoptée, nous nous contentons de le mentionner simplement ici.

Doucissage et polissage.

Des appareils généralement employés au travail des glaces minces ont environ 6 m de diamètre. Toutefois il nous a été donné de constater que des résultats très satisfaisants étaient obtenus en fabrication courante avec des appareils de plus grande dimension, construits pour les glaces épaisses.

Des expériences ont été poursuivies jadis pour le fixage des glaces minces sur des tables perforées rainurées, sous l'action d'une pompe à vide ; mais ces expériences n'ont rien présenté de particulièrement intéressant.

SITUATION DES GLACERIES AUX ÉTATS-UNIS

Nous avons donné dans ce volume des renseignements sur la production et la consommation du verre en Russie. Pour les mêmes motifs que nous avons expliqués nous croyons devoir donner ici les renseignements que nous rapporte d'Amérique un ingénieur spécialiste de nos amis.

La Société la plus importante est la « Pittsburgh Plate Glass C° », elle est formée par la réunion de plusieurs Sociétés primitivement isolées et possède actuellement dix usines, dont sept sont situées dans l'Etat de Pennsylvania, deux dans l'Indiana et une dans le Missouri.

Le président de cette Compagnie est M. John Pitcairn, qui habite Philadelphie. Le capital nominal de la « Pittsburgh Plate Glass C° » est de 10 000 000 de dollars, soit environ 50 000 000 de francs ; une augmentation de ce capital à concurrence de 2 500 000 dollars, soit 12 500 000 francs vient d'être décidée.

Le capital total sera ainsi de 62.500.000 francs, les réserves de cette Société se montent d'après des données précises, que nous avons contrôlées à différentes sources, à 5 200 000 dollars, soit à 26 000 000 de francs environ.

Cette Société fait exécuter, dans plusieurs de ses usines, des travaux importants de transformation.

La puissance de production de la « Pittsburgh Plate Glass C° », est d'environ 2 600 000 m² par an, son stock annuel de glaces polies se monte à 600 000 m².

La « Pittsburgh Plate Glass C° » a inauguré, il y a quelques années, un très important service commercial de vente au détail, et a créé un grand nombre de dépôts et de magasins. Elle a adjoint à la vente des glaces celle de verres à vitre, et la fabrication des vitraux, sans toutefois produire elle-même les verres colorés entrant dans cette dernière fabrication. Elle s'occupe également de la mise en châssis, et traite directement toutes les entreprises importantes.

Ce système a nécessairement exigé l'immobilisation de capitaux importants et pour apprécier son opportunité il faudrait se rendre compte

exactement des difficultés commerciales rencontrées aux États-Unis par la Société « La Pittsburgh » avant son instauration.

Toutefois cette Société se déclare très satisfaite d'être entrée dans cette voie, elle prétend être parvenue ainsi à se soustraire à la domination des intermédiaires et assure que les bénéfices résultant de sa vente au détail suffisent à servir un intérêt rémunérateur à la totalité de son capital.

Il y a lieu d'admettre la sincérité de ces déclarations qui permettent d'envisager un problème commercial particulièrement intéressant sous un jour assez nouveau pour les producteurs européens ; mais avant de comparer le résultat de ce système aux États-Unis avec ceux qu'il pourrait avoir en Europe, il serait nécessaire de se rendre compte des conditions commerciales respectives.

Nous avons eu l'occasion de visiter trois des usines de cette importante Société, et nous y avons fait de nombreuses constatations très intéressantes.

Les autres Sociétés américaines produisant des glaces sont :

La Standard Plate Glass C°.

L'American » » »

La Ford » » »

La « Standard Plate Glass C° » a son usine en Pennsylvanie, à Butler. Le capital de cette Société est de 760 000 dollars, soit 3750000 francs environ.

Son pouvoir de production annuel est de 190000 mètres.

L' « American Plate Glass C° » a son siège de production à Alexandria dans l'Indiana. Elle est constituée au capital de 2000000 de dollars, soit 10000000 de francs, et elle a un pouvoir de production de 250.000 m² par an.

La « Ford Plate Glass C° » a ses usines situées à Toledo, dans l'Etat d'Ohio. Elle est constituée au capital de 2000000 de dollars, soit 10000000 de francs, et son pouvoir de production est de 200.000 m² par an.

A la suite de certains pourparlers, une réunion des présidents de ces trois Sociétés a eu lieu le 30 octobre 1901, en vue d'arriver à une entente commerciale entre celles-ci laissant à ces trois Sociétés leur indépendance sous tous autres rapports. La ligne de conduite générale proposée se rapproche de celle suivie par la « Pittsburgh Plate Glass et C° » et que nous avons fait connaître.

La réunion précitée n'a pas eu pour résultat une entente immédiate,

mais il paraît probable que l'accord entre ces trois glaceries ne tardera pas à être réalisé.

Une certaine entente existe entre la « Pittsburgh Plate Glass C° » et ces trois glaceries quant à la fabrication des prix de vente, mais il ne paraît pas qu'elle donne satisfaction aux intéressés ni qu'elle soit observée de façon absolue par tous les contractants. Les mesures les plus récentes prises par l'ensemble du groupe sont deux baisses successives de 25 et de 10 0/0 décidées pour réagir contre l'importation.

Trois autres glaceries sont sur le point d'être mises en marche à Hite, Springdale et Kittanning en Pensylvanie.

Les chiffres que nous avons indiqués comme pouvoir de production se rapportent aux quantités produites pendant l'année 1900, mais il résulte de données complémentaires que nous avons obtenues que, si l'outillage de toutes les glaceries américaines était utilisé, la production annuelle pourrait être la suivante :

« Pittsburgh Plate Glass C° »	2 800 000 m²
Les trois autres glaceries ensemble . .	700 000 m²
Soit un total effectif de	3 500 000 m²

On peut admettre que la production des trois usines qui vont être mises en marche atteindra au moins 500 000 m², ce qui représentera un total général annuel de 4 000 000 de m².

Le capital total des usines en marche s'élève à 17 250 000 dollars, soit à plus de 86 000 000 de francs.

Le capital des trois glaceries nouvelles sera approximativement de 3 000 000 de dollars, soit 15 000 000 de francs, ce qui portera les capitaux engagés dans l'industrie des glaces aux Etats-Unis à plus de 100 000 000 de francs. On constate de plus qu'il existe des réserves liquides d'une certaine importance.

Il semble résulter qu'au point de vue financier et commercial les glaceries européennes auraient tort de s'imaginer que la situation des producteurs américains est encore aujourd'hui ce qu'elle était il y a 20 ans. Il serait pour elles d'excellente politique de chercher à aboutir à une entente rationnelle. En effet, leurs bas prix de revient opposés à un protectionisme très effectif ne paraissent nullement devoir leur assurer une victoire, même onéreuse, dans la lutte imminente qui se prépare.

Ce qu'il y a lieu de considérer ce n'est point le prix auquel les glace-

ries américaines sont à même de vendre sur les marchés d'exportation, mais bien le prix moyen sur leur vente totale tant à l'exportation que sur leur marché national.

Il est à remarquer que les quantités exportées par les Etats-Unis ne représenteront pendant longtemps qu'une faible partie de leur production, tandis que celles exportées, notamment par les glaceries belges, atteignent jusqu'à 90 0/0 des quantités produites.

Il est utile de faire observer que malgré le coût relativement élevé des constructions, la proportion entre les capitaux engagés et la production n'est guère plus élevée pour les usines américaines que pour les usines européennes.

En effet, on peut admettre en moyenne que le prix des constructions est aux Etats-Unis proportionnellement à la Belgique dans le rapport de 1,8 à 1.

Or, les glaceries belges ont dépensé par pouvoir de production annuelle de 1 m² 21 francs. Les glaceries américaines pour un même pouvoir de production annuelle ont dépensé 25 francs. On constate que cette dernière dépense n'eut été que de 14 francs si le prix de construction aux Etats eut été le même que le prix en Belgique.

Quant à la main-d'œuvre, s'il est vrai que son prix représente aux Etats-Unis deux fois et demie celui payé en Belgique notamment, il n'est pas moins vrai d'autre part qu'elle est réduite dans une forte proportion aux Etats-Unis par suite du développement de l'outillage mécanique, et par la supériorité incontestable du rendement de l'ouvrier américain.

Nous avons constaté avec quelque satisfaction qu'un principe administratif que nous avons préconisé en Europe est appliqué non seulement par la « Pittsburgh Plate Glass C° », mais par plusieurs Sociétés américaines importantes.

Ce principe consiste à faire intervenir les chefs des principaux services dans la composition des conseils d'administration, puis à créer au sein de ces conseils des comités chargés d'élucider les questions courantes chacun dans leur domaine spécial. C'est ainsi que le conseil d'administration de la « Pittsburgh Plate Glass C° » notamment compte un comité technique, un comité financier et un comité commercial.

Toutes les questions générales sont nécessairement élucidées par l'ensemble du Conseil d'administration.

On constatera, à la lecture de ces renseignements généraux, comme aussi d'après le compte rendu technique relatif à trois usines de la « Pittsburgh Plate Glass C° », que les producteurs européens eussent

dû, il y beau temps déjà, s'enquérir des progrès réalisés en glacerie, par delà l'Atlantique.

Les illusions qu'ils se sont faites trop longtemps se fussent évanouies et ils eussent compris que leur situation présentait suffisamment de gravité pour que des luttes fratricides aussi déplorables que celles auxquelles nous assistons, soient évitées à tout prix.

Ils se fussent convaincus que la limitation de la production s'imposait et que le salut ne gisait que dans la seule union loyale des producteurs européens, complétée par une entente rationnelle avec les glaceries américaines.

Est-il trop tard ?

Les difficultés ont nécessairement grandi ; mais nous ne pensons pas qu'elles soient telles, qu'il faille constater la fatale « impossibilité ».

CHAPITRE IV

LA VERRERIE ET LA CERAMIQUE EN ALLEMAGNE

Documents provenant du Commissariat d'Allemagne à l'Exposition Universelle de 1900.

L'industrie du verre et les arts céramiques ont une base commune, celle de l'emploi des silicates, ou combinaisons de l'acide silicique. Tandis que la première de ces industries prépare des silicates fusibles et les transforme par fusion ignée en toutes sortes d'ustensiles, la seconde, la céramique, recherche dans la nature les terres argileuses infusibles ou silicates d'alumine, et elle en utilise les curieuses propriétés plastiques à l'état humide pour en former des objets divers ; elle fixe ensuite d'une façon durable la forme de ces objets, en les exposant à une température très élevée, tout en évitant leur fusion complète.

Quoique différent ainsi en principe, ces deux industries ont cependant plus d'un lien commun. Très anciennes, l'une et l'autre, elles reposent sur la même base de pure empirisme, et elles représentent les étapes de l'industrie, étapes dont les procédés n'ont été que plus tard pénétrés par la science. Toutes deux se prêtent admirablement à la manifestation des sentiments artistiques. On doit donc considérer et juger les produits de la verrerie et de la poterie au double point de vue, de l'art décoratif et de la chimie appliquée. Sous le premier rapport, ils ont déjà été suffisamment mentionnés dans l'introduction, concernant les arts décoratifs. Les pages qui suivent traiteront surtout de leurs côtés industriels.

I. — *La Verrerie.*

L'origine de l'industrie du verre en Allemagne peut bien remonter

aux Romains ; en tout cas, les débuts de cette industrie dans nos contrées ont été remarqués par une découverte bien remarquable pour cette époque. Elle consiste dans la substitution à la soude naturelle, employée jadis exclusivement par les Romains, de la potasse que les verriers allemands retiraient des cendres des fourneaux chauffés au bois. Le sable siliceux nécessaire se trouvant en Allemagne en beaucoup d'endroits, la nouvelle industrie fut de suite à même de travailler exclusivement avec des produits du pays, et c'est là précisément l'explication de son rapide et constant développement.

Au moyen âge, l'exploitation minière produisait toutes sortes d'oxydes métalliques ; et c'est grâce à leur emploi dans la fabrication des verres colorés que la verrerie put atteindre, dans cette voie, un si haut degré de perfection ; la richesse et l'éclat des couleurs des vitraux des églises du moyen âge démontrent encore de nos jours l'exactitude de ce fait.

C'est dans le XIXe siècle que la science vint pénétrer les anciens procédés de la verrerie et son appui fit réaliser à cette industrie, comme à tant d'autres arts anciens, des progrès énormes.

Les travaux de Schwartz apportèrent une réglementation dans la composition des verres, jadis si variable et, pour ainsi dire, dénuée de toute base ; ils permirent aux chimistes de connaître et de juger la constitution du verre, et le domaine de la verrerie fut ainsi débarrassé des procédés de l'empirisme grossier et de ses conséquences trop souvent fâcheuses. C'est alors que s'ouvrit l'ère de la fabrication raisonnée des verres résistants.

Par suite du grand développement de l'industrie de la soude, la potasse, presque exclusivement utilisée d'abord, fut en grande partie remplacée par la soude, et cela principalement pour la verrerie ordinaire. La soude, à son tour, dût céder le pas au sulfate. Mais la grande chaleur que nécessitait l'emploi de ce dernier ingrédient ne pouvant être produite dans les fours des anciens verriers amena l'abandon de ces fours. Le déboisement croissant de l'Allemagne, ne permettant plus d'employer dans la plupart des contrées le bois comme moyen de chauffage, accélérera cette modification. Les difficultés, créées par les circonstances, furent entièrement levées par l'invention due à Siemens, des générateurs à gaz avec récupération de chaleur. Cette méthode de chauffage rendit possible dans l'industrie du verre l'emploi de combustibles de qualité très inférieure, riches en scories, tels que le lignite et autres. Elle permit de les utiliser complètement, avec la plus grande

économie, tout en donnant des températures qu'il eut été impossible d'atteindre avec les anciens fours. Les résultats de ce nouveau procédé de chauffage se firent vite sentir : on obtint une clarification plus parfaite du verre, et l'industrie de la verrerie fut à même de se développer dans des contrées où l'absence de bons combustibles la faisait végéter, et qui même, dans certains cas, lui en avait interdit complètement l'entrée. Enfin l'adoption de ce système de chauffage à gaz avec récupération fut suivie de celle des fours à cuves, grâce auxquels on peut rendre continue la fusion du verre, jadis intermittente. De là, une nouvelle économie et une meilleure utilisation de la chaleur. Ce dernier perfectionnement ne peut cependant entrer en ligne de compte qu'autant qu'il s'agit de la préparation ininterrompue d'une très grande quantité de verre de même espèce, comme cela a lieu dans la fabrication des bouteilles et du verre à vitre.

Il n'est pas étonnant que dans ces conditions le chauffage à gaz à récupération, qui a déjà produit de grands bouleversements dans beaucoup d'autres industries, se soit si rapidement et si complètement implanté dans l'art de la verrerie.

Aux constructions Siemens, qui sont les plus répandues, s'est adjoint toute une série d'autres dispositifs qui ont déjà fait leurs preuves.

Le chauffage au gaz ayant acquis une très grande importance dans l'industrie du verre, il n'est pas sans intérêt de se rendre compte du degré d'extension des générateurs à gaz à récupération dans les verreries. On ne possède sur ce sujet aucun relevé officiel ; l'auteur de cette esquisse a donc essayé de retirer des données sur l'extension et l'augmentation du chauffage à récupération, dans les verreries allemandes, de certains renseignements privés puisés dans l'industrie de la verrerie pendant les années 1893 et 1898. Il en résulte les chiffres suivants : Il y avait en 1893, sur un total de 312 verreries, 255 fours à gaz en fonction ; en 1898 le relevé de 324 verreries a donné un total de 320 fours à fusion, chauffés au gaz. On a donc un notable progrès à enregistrer. Parmi ces 320 fours, il y en avait 187 établis d'après le système de Siemens ; 53 verreries utilisaient des fours à cuves de diverses constructions.

La matière première la plus importante de la verrerie est le sable siliceux que l'on trouve en Allemagne, en quantité inépuisable, dans beaucoup d'endroits. Sa teneur en oxyde de fer est d'une importance capitale ; en effet, la préparation d'un verre absolument blanc ne peut se faire qu'avec des sables complètement exempts de fer, la moindre

quantité de ce corps se traduisant par une coloration verdâtre. Comme les sables les plus purs se trouvent dans les environs d'Aix-la-Chapelle, dans la Lusace et la Silésie, c'est précisément dans ces contrées que la verrerie est la plus prospère. L'industrie chimique fournit aux verreries des sels alcalins. Quant à la troisième matière première, très importante aussi, les pierres calcaires, on les trouve partout d'une pureté suffisante. Enfin pour la cristallerie, on se sert d'oxyde de plomb ou minium. On appelle verres demi-cristal, des verres qui contiennent de la chaux et de l'oxyde de plomb, et auxquels on ajoute parfois encore, depuis quelque temps, de la baryte. On utilise spécialement ces sortes de verres dans la fabrication des objets en verre moulé.

La fabrication du verre à bouteille, fortement coloré par suite de sa grande richesse en fer, demande une matière première très bon marché. C'est pour cette raison que l'on ajoute très souvent pendant la fusion divers minéraux, spécialement de ceux riches en alcali, comme le granite et le trachyte.

Les verres colorés sont préparés à l'aide d'oxydes métalliques ou d'autres substances colorantes. Le petit nombre des verreries allemandes, dans lesquelles on prépare des verres colorés, est compensé par l'excellence des produits qui en sortent mais qui, même en Allemagne, ne jouissent pas du renom qu'ils méritent. Les substances colorantes jouent aussi un certain rôle dans la fabrication du verre blanc, puisque celles-ci sont utilisées pour corriger les petites colorations produites par le fer. L'emploi exclusif pour cet usage du peroxyde de manganèse a été remplacé dans ces derniers temps avec beaucoup de succès par celui de sélénium et des sels de didymium.

On forme toujours les verres creux soufflés, d'après l'ancien procédé de soufflage à la canne par la bouche. Cependant nombre d'essais ont été tentés pour introduire le soufflage mécanique ; mais ils n'ont eu jusqu'à présent que peu de succès. La nouvelle méthode de moulage de Siévert provoque l'attention générale.

En principe, on verse une certaine quantité de verre sur un fond métallique perforé, puis on renverse l'appareil ; le verre par son propre poids, tombe et aspire de l'air par les trous de la plaque, l'on aide ce soufflage en faisant arriver continuellement de l'air comprimé. D'après ce procédé, on peut préparer des vases en verre de dimensions énormes, impossibles à atteindre précédemment. Une modification de ce procédé consiste à faire reposer la masse de verre liquide pendant ce soufflage sur un support d'amiante humide.

L'industrie du verre à vitre est particulièrement très développée dans le Royaume de Saxe, la Silésie et dans la Lusace. Le procédé bien connu consiste à fabriquer des grands cylindres en verre, ensuite à les fendre dans le sens de la longueur, puis à les développer en les exposant à la chaleur d'un four. Dans quelques usines de Bavière, on fabrique aussi du verre en tables très épaisses que l'on aplanit par un polissage ultérieur.

La fabrication des véritables glaces de grandes dimensions se fait sur des tables en fonte, sur lesquelles on étend, au moyen d'un rouleau, de grandes masses de verre ; on les achève par un polissage de leur surface. Les deux plus grandes glaceries d'Allemagne qui se trouvent l'une à Stolberg, près d'Aix-la-Chapelle, et l'autre à Waldhof, près de Mannheim, sont la propriété d'une société française.

Comparée à la fabrication du verre creux soufflé, l'importance de l'industrie du verre moulé est proportionnellement dans le même rapport que celle des glaces coulées vis-à-vis du procédé de fabrication du verre en tables. Le développement du verre moulé a été dû principalement à l'influence américaine, mais cette industrie s'est implantée solidement en Allemagne et, dans beaucoup de verreries, elle est rattachée à celle du verre soufflé. Cette branche de l'industrie n'a pu se développer avec succès que depuis l'adoption du chauffage à gaz qui a donné les températures capables de produire la liquéfaction complète du verre et, par suite, sa clarification.

L'industrie du cristal et du verre demi-cristal ne s'est pas développée en Allemagne autant que l'on aurait pu s'y attendre.

Parmi les quelques usines, très importantes cependant, qui se sont consacrées à la cristallerie, la plus considérable est située en Lorraine. La création en remonte à plus d'un siècle. Elle est due, à l'instar de celle de quelques autres usines de la Sarre et de la Moselle, à l'initiative française. La grande verrerie près de Cologne et celle de Silésie, bien connue sous le nom de Verrerie Joséphine, pourraient bien être considérées comme les verreries les plus importantes qui ont été créées par des entreprises allemandes.

Récemment, la reprise de la fabrication de verres artistiques, en cristal à base de plomb, corrodés, taillés, gravés et chargés de teintes multicolores a de nouveau remis le vrai cristal en lumière et démontré l'impossibilité de le substituer par le verre demi-cristal.

Quoique la production des différentes branches mentionnées de la verrerie soit supérieure à celle de la branche vouée spécialement aux

instruments scientifiques, cette dernière n'en a pas moins acquis une importance tout à fait remarquable par suite des progrès extraordinaires réalisés en Allemagne dans la fabrication de cette verrerie spéciale.

Dans cette catégorie rentrent, d'une part, tous les verres employés en optique, et d'autre part, les verres inventés récemment en Allemagne et créés spécialement pour les travaux chimiques et physiques.

L'Allemagne produisait déjà à la fin du siècle dernier des verres d'optiques, et c'est notamment la verrerie fondée dans ce but, en Bavière, par Frauenhofer qui jouissait de la plus grande renommée. Mais, malgré sa grande activité, la production du pays ne parvenait pas à couvrir les besoins de la consommation, et l'on était obligé d'importer en grande quantité le flint et le crownglass d'Angleterre et de France.

Lorsque l'on se rendit compte qu'un plus grand perfectionnement de tous les instruments d'optique ne pouvait être atteint que par la production d'une plus grande variété de verres optiques, on créa, sur l'initiative du professeur Abbe, un institut spécial dirigé par le Docteur Schatt, à Iéna, et subventionné par le gouvernement prussien, dans le but nettement défini de rechercher les constantes physiques des verres de compositions différentes. Les succès remportés par le « laboratoire technique de la verrerie », furent tels qu'il se transforma en peu de temps en une verrerie de premier ordre qui fournit actuellement, presque dans le monde entier, les éléments nécessaires aux travaux délicats d'optique. Une série de verres, remarquables par leurs constantes optiques, totalement différentes de celles connues jusqu'à présent, furent le résultat des innombrables essais faits dans cette voie. Il faut surtout citer les verres à la baryte. L'importance acquise par ces verres dans la construction des instruments d'optique a été exposée dans les notices concernant la « mécanique et l'optique » et la « photographie ».

Le laboratoire industriel de la verrerie Schatt ne mit pas exclusivement ses innovations au service de l'optique; avec le même succès, il s'efforça de rechercher des verres spéciaux pour la construction des appareils de physique et de chimie. Il fallait, avant tout, trouver des verres ne présentant pas le grave inconvénient de déplacer l'échelle thermométrique ; ce problème fut résolu et, actuellement, les différentes sortes de verre d'Iéna pour thermomètres possèdent cette qualité. Le verre pour appareils, connu sous le nom de verre d'Iéna, répond au but précédent et aussi aux exigences les plus grandes, de ré-

sistances aux agents chimiques. Enfin la verrerie Schatt a créé un verre au barosilicate qui joint à son avantage de se laisser facilement manier au chalumeau, celui d'une forte résistance et d'une difficile fusibilité.

On ne doit pas passer sous silence que, dans cette voie, les découvertes inappréciables de Schatt ont souvent trouvé un appui dans les travaux du même ordre d'idées de l'Institut physique de l'Etat à Berlin. Mais elles ont certainement aussi contribué pour une part importante au développement général de l'industrie du verre en Allemagne. Quoiqu'il en soit, on est obligé de reconnaître partout que les propriétés des verres destinés à un but chimique ont subi une amélioration considérable.

La présence de la baryte et de l'acide borique dans certains verres d'usines, qui travaillaient précédemment d'après des recettes héritées de leurs prédécesseurs, montre que ces usines prennent maintenant modèle sur la verrerie d'Iéna et tendent à perfectionner leurs produits.

Rappelons à propos des verres d'optique une industrie particulière qui couvre les besoins d'une consommation considérable : l'industrie des verres de montres et des verres à lunettes. Ces verres sont découpés, pour la plupart, dans des ballons, afin de réduire à son minimum la main-d'œuvre de la taille. Cette industrie a son siège principal en Lorraine et dans le Palatinat bavarois. Sa production est si considérable qu'il a fallu lui trouver des débouchés sur les marchés étrangers.

En 1899 on comptait en Allemagne 330 verreries proprement dites et 445 ateliers, occupés à la transformation du verre manufacturé en objets divers. La plus grande partie de ces exploitations se trouvent en Prusse, en Bavière et en Saxe. Le nombre des verreries proprement dites atteignait, dans ce pays, les chiffres respectifs 201,41 et 30 ; tandis que celui des ateliers de transformation était de 103,269 et 29. Le total des ouvriers occupés dans toutes les branches de la verrerie allemande était 65,231, répartis comme suit : 38,247 en Prusse, 8,922 en Bavière, et 7,063 en Saxe.

Les chiffres suivants relevés par toutes les productions de l'industrie des verres, feront mieux ressortir l'importance et la variété de cette industrie en Allemagne.

A. *Productions de l'année 1897.*

	Nombre de tonnes.	Valeurs en marcs.
1. Verre creux soufflé	133.272	42 310 000
2. Verre vert	58.835	29.675 000
3. Verre à vitre	13.774	10.285.000
4. Verre en tables.	78.487	17 502 000
5. Verres et glaces coulées . . .	39.547	14.686.000
6. Perles de verre, etc	991	757.000
		115 215 000

B. *Importation et exportation.*

	Verre vert soufflé.		Verre fin blanc soufflé.		Verre en tables et glaces.		Verre de montres et à lunettes.	
	1894	1898	1894	1898	1894	1898	1894	1898
Valeur de l'importation.	—	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,2	0,5
Valeur de l'exportation.	12,7	9,9	5,5	6,0	3,2	3,2	2,7	3,1

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS. — Les progrès en verrerie de 1800 à 1900 5

PREMIÈRE PARTIE : LA FUSION DU VERRE

CHAPITRE PREMIER : Historique.— Emploi des matières premières.— Divers systèmes de fours. — Le chauffage de l'avenir 19

CHAPITRE II : Gazogènes. — Gazogènes à gaz d'air, à gaz mixte, à tirage naturel. — Gazogènes soufflés.— Gazogènes à gaz régénéré des fumées.— Gazogènes à gaz, à l'eau, à cornues, etc. 27

CHAPITRE III : Fours de fusion.— Fours à grille.— Fours à combustible gazeux (à gaz de gazogène), à récupérateurs, à double récupération par l'air secondaire et par le gaz. — Fours à triple récupération. — Fours à combustible gazeux (à gaz naturel), à combustibles liquides. — Fours électriques. 37

DEUXIÈME PARTIE : PRODUCTION ET MANIPULATION

CHAPITRE PREMIER : Les glaces. — La fusion du verre, la fabrication de la glace brute. — Travail mécanique des glaces. — Polissage.— Savonnage à la plateforme. — Polissage des glaces à la plateforme. — Biseautage des glaces. — Argenture, platinage, bombage des glaces 53

CHAPITRE II : Les produits coulés et moulés.— Dalles moulées et à reliefs.— Emploi des verres coulés pour la construction des serres. — Cheminées en verre. — Verre armé. — Moulage méthodique 73

CHAPITRE III : Verre a vitre.— Commerce français des verres et cristaux (statistiques). 79

CHAPITRE IV : Verres perforés ; Verres imprimés. — Plaques de ventilation des wagons de 1re classe. — Verre perforé — Verre imprimé. — Verre givré. — Cuves à vin. — Blocs isolateurs pour chemins de fer électriques. — Autres applications électriques du verre. — Soudure du verre avec les métaux 83

CHAPITRE V : Verres de couleurs. — Opaline laminée. — La « Marmorite ». — Aventurine. — Pâte de verre 93

CHAPITRE VI : Verre trempé. — Verre irisé. — Trempe du verre-acier et du verre-fonte.— Trempe du verre au moyen de la vapeur.— Installation générale (gobeletterie, bouteilles, vitres, tuiles en verre, grandes glaces. 103

TROISIÈME PARTIE : PHARES ET VERRES D'OPTIQUE

CHAPITRE PREMIER : Phares. — Principes de la construction des lentilles de phares. — Projecteurs électriques. — Le tube optique 117

CHAPITRE II : Verres d'optique. — Fabrication. — Blocs de crown. — Taille des lentilles — Les plus grandes lunettes astronomiques construites jusqu'ici. — La grande lunette astronomique ou sidérostat. — Nouveaux verres d'optique. — Valeurs optiques des principaux verres 131

QUATRIÈME PARTIE : LES BOUTEILLES

CHAPITRE PREMIER : Historique de la fabrication. — Procédés de fabrication mécanique des bouteilles, carafes, flacons, etc. de M. Claude Boucher — Fourneaux à recuire les bouteilles.— Porteur mécanique.— Machine à plumettes.— Transport des bouteilles aux magasins. — Porte-cannes. — Appareil à couper les plumettes et à les introduire dans les moules à bouteilles. 165

CHAPITRE II : Essai de la résistance des bouteilles a la pression. 207

CINQUIEME PARTIE : CRISTAL. — TAILLE ET GRAVURE

CHAPITRE PREMIER : Cristal. — Taille et gravure 213

SIXIÈME PARTIE : APPAREILS DE CHIMIE

CHAPITRES PREMIER ET DEUXIÈME : Appareils de laboratoire et de gobeletterie. 221
CHAPITRE III : Les nouvelles applications du verre a l'éclairage électrique.— Verre sili-chromé. — Tubes de niveau. 229
CHAPITRE IV : Fabrication d'objets en verre creux, par le procédé Siévert. — Les palais des Illusions (salle des glaces). — Le Palais de l'Optique 239

SEPTIÈME PARTIE : ANALYSE DES GAZ DES FOURS MESURE DES TEMPÉRATURES EXAMEN DES DÉFAUTS DU VERRE

CHAPITRE PREMIER : Analyse des gaz des fours. — Analyse des gaz combustibles . 255
CHAPITRE II : Détermination des températures élevées. — Bombe calorimétrique de M. Berthelot modifiée. — Pyromètre de Le Châtelier. — Lunette pyrométrique de MM. Mesure et Nouel. — Pyroscopes. — Pyromètres enregistreurs. 261
CHAPITRE III : Examen des défauts du verre. 275

HUITIÈME PARTIE : MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

CHAPITRE PREMIER : La pierre de verre Garchey. — Le pavage idéal 293
CHAPITRE II : La Maison du xxe siècle. — Histoire de l'habitation. — Pierre de verre ou céramo-cristal.— Maison à ossature métallique et à parquets de verre.— L'éclairage rationnel. — Le chauffage. — L'hygiène de la rue. 305
CHAPITRE III : Application du verre a la décoration et a la construction des maisons d'habitation. — Rideaux en verre. — Prismes Luxfer. — Dimensions des plaques de prismes. — Eclairage des locaux sombres par ces prismes. — Tuyaux et récipients métalliques vitrifiés avec adhérence absolue. — Pièces de verre moulées. — La maison du xxe siècle (L'architecture et le style. — La maison de verre. — Le ciment armé et les matériaux du feu. — La méthode nécessaire 329
CHAPITRE IV : Le palais lumineux. — Au pays du rêve. 345

NEUVIÈME PARTIE : VERRERIE ARTISTIQUE

CHAPITRE PREMIER : L'art des vitraux. — Historique. — Vitraux céramiques.— Verre américain. — Progrès technique. 355
CHAPITRE II : L'art de l'émail et sa renaissance au xixe siècle. — Applications diverses de l'émail. — Emaillage des métaux communs. — Applications d'émaux sur étoffes 371
CHAPITRE III : Les objets d'art. 395
CHAPITRE IV : La verrerie d'art. — Fabrication des plumes en verre 401

DIXIÈME PARTIE : LA VERRERIE A L'ÉTRANGER

CHAPITRE PREMIER : La verrerie en Russie. — Historique. — Bouteilles, verres de table, fioles de pharmacie et verres de laboratoires. — Verres de lampes, vitres et glaces, etc 427
CHAPITRE II : La verrerie en Autriche-Hongrie (Bohême). 437
CHAPITRE III : La glacerie aux États-Unis d'Amérique. — Fours. — Pots. — Halles de coulée. — Carcaises. — Coulée. — Refroidissement continu. — Ateliers de doucipoli. — Situation des glaceries américaines 443
CHAPITRE IV : La verrerie et la céramique en Allemagne. 455
BIBLIOGRAPHIE de la peinture sur verre et de la verrerie. I

Courbevoie. — Imp. E. BERNARD et Cie, 14, rue de la Station.
Bureaux a Paris, 29, Quai des Grands-Augustins.

GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00141 3216